

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



Eva BUKOVÁ

**Analýza srážko-odtokového režimu v povodí
Slatinného potoka (Krušné hory)**

Analysis of rainfall-runoff regime in the catchment of
the Slatinny brook (Krušné hory)

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Praha 2013

Zadání bakalářské práce

Název práce

Analýza srážko-odtokového režimu v povodí Slatinného potoka (Krušné hory)

Cíle práce

Vyhodnocení srážko-odtokového režimu se zaměřením na variabilitu a dynamiku odtokového procesu v experimentálním povodí Slatinného potoka.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje:

- rešerše zahraniční a domácí odborné literatury na danou problematiku s ohledem na:
- geografická charakteristika zájmového experimentálního povodí Slatinného potoka
- příprava vstupních datových podkladů, homogenizace dat
- hodnocení hydrometeorologických a odtokových charakteristik
- variabilita a dynamika odtokového procesu s ohledem na hydrologické extrémy
- diskuse výsledků

Datové zdroje: odborná literatura, mapové a datové podklady, data KFGG experimentální povodí Krušné hory, informace od správců toků.

Datum zadání: 8. března 2013

Jméno studenta: Eva Buková

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:



Obrázek č. 1: Slatinný potok. Zdroj: vlastní foto (1. 5. 2013)

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vytvořila samostatně a že jsem veškeré použité prameny řádně citovala. Tato práce ani její podstatná část nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 19. srpna 2013

Eva BUKOVÁ

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní RNDr. Miladě Matoušková, Ph.D, za vedení mé bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, za trpělivost, ale také za čas, který věnovala opravám práce a výjezdu do terénu. Dále bych chtěla poděkovat rodině za podporu nejen při psaní této bakalářské práce, ale také v průběhu celého studia. V neposlední řadě bych také ráda poděkovala kamarádům a spolužákům taktéž za potřebnou podporu a pomoc při zpracování práce.

Analýza srážko-odtokového režimu v povodí Slatinného potoka (Krušné hory)

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou odtokového režimu Slatinného potoka, který se nachází na severozápadě České republiky v Krušných horách. Část práce je věnována obecné fyzicko-geografické charakteristice, jejíž součástí jsou i hydrografické poměry povodí. Hlavním cílem práce bylo zpracování a analýza hydrologických dat získaných z experimentálního monitoringu prováděného katedrou fyzické geografie a geoekologie PřF UK. Tato data byla nejprve homogenizována a doplněna o chybějící hodnoty. Z upravených dat vodních stavů byly pomocí konsumpční křivky odvozeny průtoky. Pro analýzu srážko-odtokového režimu byly využity základní statistické metody používané v hydrologii. Součástí práce je také rozbor průběhu vybraných extrémních odtokových situací Slatinného potoka.

Klíčová slova: srážko-odtokový režim, variabilita odtoku, průtoky, Slatinný potok

Analysis of rainfall-runoff regime in the catchment of the Slatinny brook (Krušné hory)

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with the characteristics of runoff regime Slatinny brook, which is located in the northwest of the Czech Republic in the Ore Mountains. Part of this study is dedicated to general physical and geographical characteristics, which also includes hydrographic basin features. The main objective of this study was to process and analyze the hydrological data obtained from experimental monitoring carried out by the Department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, Charles University in Prague. The data were firstly homogenized and then complemented with the missing values. Discharges have been derived from the modified data of water levels using the consumptive curve. For the analysis of rainfall-runoff regime were used basic statistical methods used in hydrology. The thesis also includes analysis of selected extreme runoff situations of the Slatinny brook.

Key words: rainfall-runoff regime, outflow variability, discharge, Slatinny brook

Obsah

1. Úvod a cíle práce.....	11
2. Metody a zdroje dat	13
2.1. Metody hodnocení variability odtokového režimu	13
2.2. Zdroje dat a aplikované metody	15
3. Fyzicko-geografická charakteristika zájmového území	18
3.1. Lokalizace zájmového území.....	18
3.2. Geologické poměry	19
3.3. Geomorfologie území	21
3.4. Charakteristika klimatu	22
3.5. Půdní pokryv	24
3.6. Vegetační pokryv	26
3.7. Ochrana přírody	27
3.8. Hydrografie	29
3.8.1. Poloha a plocha povodí	29
3.8.2. Tvar povodí.....	30
3.8.3. Výškové poměry povodí a toku	34
3.8.4. Charakteristika říční sítě.....	38
4. Odtokové poměry povodí	40
4.1. Charakter a korektura datových podkladů	40
4.2. Režim denních průtoků a míra jejich rozkolísanosti	43
4.3. Režim měsíčních průtoků.....	49
4.4. Roční režim průtoků.....	53
5. Variabilita a dynamika odtokového procesu s ohledem na hydrologické extrémy	56
5.1. Období minimálních průtoků	56

5.1.1.	Období nízkých průtoků	57
5.2.	Období maximálních průtoků	57
5.2.1.	Průběh situace 10. 5. 2010 – 10. 6. 2010	58
5.2.2.	Průběh situace 20. 12. 2010 – 20. 1. 2011	59
5.2.3.	Průběh situace 10. 3. 2012 – 10. 4. 2012	60
5.2.4.	Hodnoty R – B indexu pro vybrané extrémní situace	61
6.	Diskuze	63
6.1.	Diskuze možných chyb a nepřesností	63
6.2.	Diskuze výsledků práce	63
7.	Shrnutí a závěr	65
8.	Seznam literatury a zdroje dat.....	67
9.	Přílohy	70

Seznam obrázků a tabulek

Obrázky

Obrázek č. 1: Slatinný potok.

Obrázek č. 2: Měřicí přístroje na Slatinném potoce.

Obrázek č. 3: Graf opravy chybného měření.

Obrázek č. 4: Poloha povodí Slatinného potoka.

Obrázek č. 5: Geologická mapa krušnohorské oblasti saxothuringika a zájmové oblasti.

Obrázek č. 6: Geomorfologické členění.

Obrázek č. 7: Graf měsíčních úhrnů srážek a průměrných měsíčních teplot vzduchu za hydrologický rok 2010.

Obrázek č. 8: Graf měsíčních úhrnů srážek a průměrných měsíčních teplot vzduchu za hydrologický rok 2011.

Obrázek č. 9: Graf měsíčních úhrnů srážek a průměrných měsíčních teplot vzduchu za hydrologický rok 2012.

Obrázek č. 10: Krajinný pokryv.

Obrázek č. 11: Národní přírodní rezervace Velký močál.

Obrázek č. 12. : Hydrografická mapa povodí

Obrázek č. 13: Kruhový graf vývoje povodí.

Obrázek č. 14: Mapa nadmořských výšek.

Obrázek č. 15: Sklonitost reliéfu povodí.

Obrázek č. 16: Hypsografická křivka.

Obrázek č. 17: Expozice svahů.

Obrázek č. 18: Úsek chybného měření původního ultrazvuku.

Obrázek č. 19: Konsumpční křivka.

Obrázek č. 20: Průměrné denní vodní stavy za hydrologický rok 2010.

Obrázek č. 21: Průměrné denní vodní stavy za hydrologický rok 2011.

Obrázek č. 22: Průměrné denní vodní stavy za hydrologický rok 2012.

Obrázek č. 23: Čára překročení průměrných denních průtoků pro hydrologické roky 2010 a 2011.

Obrázek č. 24: Čára překročení průměrných denních průtoků pro hydrologický rok 2012.

Obrázek č. 25: Podíl jednotlivých měsíců a ročních období na odtok v hydrologickém roce 2010.

Obrázek č. 26: Podíl jednotlivých měsíců a ročních období na odtok v hydrologickém roce 2011.

Obrázek č. 27: Podíl jednotlivých měsíců a ročních období na odtok v hydrologickém roce 2011.

Obrázek č. 28: Průměrné měsíční vodní průtoky za hydrologické roky 2010, 2011 a 2012.

Obrázek č. 29: Průběh situace 10. 5. 2010 – 10. 6. 2010.

Obrázek č. 30: Průběh situace 22. 12. 2010 – 20. 1. 2011.

Obrázek č. 31: Průběh situace 10. 3. 2012 – 8. 4. 2012.

Tabulky

Tabulka č. 1: Základní hydrografické veličiny.

Tabulka č. 2: Základní charakteristiky vybraných povodí.

Tabulka č. 3: Základní statistické charakteristiky variability odtoku.

Tabulka č. 4: M-denní průtoky pro hydrologické roky 2010, 2011 a 2012.

Tabulka č. 5: Výsledné hodnoty decilové odchylky, relativní variace, variačního koeficientu a R-B indexu.

Tabulka č. 6: Tabulka průměrných měsíčních průtoků za hydrologické roky 2010, 2011 a 2012.

Tabulka č. 7: Hodnoty koeficientu K_r .

Tabulka č. 8: Výsledné hodnoty variačního koeficientu.

Tabulka č. 9: Vodnost (v %) hydrologických let 2010, 2011 a 2012.

Tabulka č. 10: Klasifikace vodnosti dle procenta pravděpodobnosti překročení.

Tabulka č. 11: Výsledky vodnosti dle pravděpodobnosti překročení.

Tabulka č. 12: Výsledné hodnoty R – B indexu.

1. Úvod a cíle práce

Množství vody proudící v potocích a řekách neustále kolísá a hodnoty průtoků se neustále mění. K tomu dochází jak během dne, tak i v rámci měsíců a během celého roku. Tento jev je zcela přirozený a běžný u všech typů řek a je označován jako hydrologický režim. Dlouhodobé sledování dokázalo, že nejvyrovnanější odtok mají řeky s nadprůměrnou dotací podzemními vodami (Hladný, Němec, 2006). Hydrologický režim je výsledkem vzájemné interakce mnoha faktorů. Klimatické podmínky, topografie, půdní a vegetační pokryv, velikost povodí ale i jeho tvar, využití půdy a vody, výstavby přehrad a jiné zásahy člověka do přírodního prostředí, jsou jen některými faktory, které hydrologický režim ovlivňují (Baker, 2004).

Hydrologický režim ovlivňoval lidskou společnost již v dávné minulosti. Proto se lidé odjakživa snažili pochopit princip a zákonitosti změn vodnosti řek. Původně získávali své poznatky pouze pozorováním řek a empirickými zkušenostmi, které postupně shromažďovali a předávali si je z generace na generaci. Takto získané poznatky však byly nepřesné a často doplňované pouze různými domněnkami (Kříž a kol., 1988). Tato snaha o poznání postupně vedla k rozvoji systematických pozorování ve vybraných povodích světa. Tento rozvoj začal přibližně před 100 lety a jeho cílem bylo získat více informací o hydrologickém režimu, jak to umožňovaly standardní měřicí sítě (Holko, 2006).

Z hlediska hydrologického výzkumu se rozlišují dva typy povodí: experimentální a reprezentativní. Experimentální povodí jsou definována jako povodí s relativně homogenními půdními i vegetačními podmínkami a jednotnými fyzikálními vlastnostmi (Stricker a Warmerdam, 2010). Experimentální povodí jsou tedy často malých rozměrů. Reprezentativní povodí jsou zaměřena na všeobecné studium hydrologického režimu typického pro určitou oblast či region. Pozorování v reprezentativních povodích se proto provádí na větším území a měla by být dlouhodobá (Kříž a kol., 1988).

Stejně jako v ostatních státech světa došlo i v České republice k rozvoji systematického pozorování hydrologického režimu za účelem bližšího poznání odtokových režimů českých řek a potoků. Od 1. poloviny 20. století vzniklo na

našem území množství experimentálních i reprezentativních povodí. Jedno z prvních experimentálních povodí na území České republiky bylo povodí Volyňky. Jedná se o experimentální povodí založené již v roce 1965. Měření zde s určitými úpravami probíhají dodnes (Kalkus, 2012). Experimentálních povodí je v České republice celá řada a jsou spravována různými institucemi. Katedra fyzické geografie a geoekologie (KFGG) PřF UK spravuje experimentální povodí v oblasti centrální Šumavy, v pramenné oblasti Blanice a v Krušných horách (povodí Zlatého potoka, Bystřice a Slatinného potoka) (Kalkus, 2012).

Bakalářská práce se zabývá analýzou odtokového režimu experimentálního povodí Slatinného potoka v Krušných horách. Hlavním cílem práce je zhodnocení hydrologického režimu toku, ale i obecná fyzicko-geografická charakteristika zaměřená na faktory ovlivňující odtok. Nejprve je v práci lokalizováno zájmové území v rámci České republiky a Karlovarského kraje, následuje geologická a geomorfologická a charakteristika experimentálního povodí. Následuje popis klimatických podmínek, který je proveden na základě dat získaných z meteorologické stanice Hřebečná. Dále se práce věnuje půdnímu a krajinnému pokryvu, krátce se též zmiňuje o chráněných územích nalézajících se v zájmovém území. Součástí fyzicko-geografické charakteristiky je i hydrografie.

Dalším cílem práce je zhodnocení hydrologického režimu Slatinného potoka během tří hydrologických let. Pro zhodnocení byla použita data z monitoringu vodních stavů prováděného KFGG PřF UK, které bylo třeba nejprve opravit. Pro analýzu byly využity základní statistické metody používané v hydrologii. Hodnotila se variabilita průměrných denních ale i měsíčních průtoků. Zhodnocení vodnosti jednotlivých hydrologických let byla díky krátké časové řadě měření uvedena pouze orientačně. V závěru práce je popsán průběh vybraných extrémních odtokových situací.

2. Metody a zdroje dat

2.1. Metody hodnocení variability odtokového režimu

Hodnocení variability odtoku je pro pochopení chování jednotlivých toků velmi důležité. Právě proto se metodám hodnocení variability věnuje celá řada prací a studií. Během několika posledních desetiletí bylo díky snaze o co možná nejpodrobnější poznání odtokového režimu a faktorů, které tento režim ovlivňují, vymyšleno velké množství indexů a koeficientů hodnotících právě variabilitu odtoku. Olden a Poff (2003) ve své práci zmiňují a hodnotí až 171 vybraných ukazatelů variability. Jednotlivým metodám pro hodnocení variability se věnuje ve své bakalářské práci také Kalkus (2012). V jeho práci jsou uvedeny především základní a nejčastěji využívané míry variability.

K běžně využívaným a základním mírám variability patří například variační koeficient, decilová odchylka či koeficient K_r (koeficient rozkolísanosti odtoku). Jako další metodu hodnocení variability uvedl ve své práci Baker (2004), a to Richards – Baker Flashiness index (R-B index), který se však v České republice stále běžně nevyužívá. R-B index hodnotí frekvenci a rychlost krátkodobých změn průtoků, a to zejména během výjimečných průtokových situací. Baker tento poměrně nový index použil pro hodnocení variability pro 515 středozápadních toků USA v období 27 hydrologických let (v této oblasti je hydrologický rok definován od začátku října do konce září). Holko a Kostka (2008) ve své práci využil R-B index pro zhodnocení variability odtoku pro 20 vybraných povodí severního a středního Slovenska (horního Popradu, Váhu a Hronu) a Bílý potok v Jizerských horách, který se vyznačuje velkými změnami průtoků. Ve své práci z roku 2011 využil Holko a kol. R-B index, tentokrát na 122 horských povodích střední Evropy (91 rakouských v alpské oblasti a 31 slovenských v západních Karpatech). Dalším autorem, který využil ve své práci pro hodnocení variability R-B index, je De Girolamo a kol. Ten se ve své práci věnuje porovnání odtokového režimu řek v oblasti středozemního moře (De Girolamo a kol., cit. Holko 2008). Závěry těchto studií mimo jiné poukazují na velmi úzký vztah mezi R-B indexem a využitím krajiny. Hodnota R-B indexu klesá s lesnatostí, růstem průměrného sklonu povodí a rostoucí nadmořskou výškou. Dále byla prokázána záporná korelace indexu s velikostí povodí.

Hodnota R – B indexu roste se zvyšující se frekvencí a rozsahem extrémních srážkových událostí.

V současné době existuje velké množství hydrologických ukazatelů či indexů popisujících různé aspekty odtokových režimů a charakteristik toku. Již zmíněná práce autorů Olden a Poff se zabývá problematikou uplatnění těchto ukazatelů a jejich vhodného využití v praxi. Ve své práci autoři poskytují komplexní přehled aktuálně dostupných 171 indexů, které porovnávají a hodnotí na průměrných denních průtocích dlouhodobých časových řad dohromady ze 420 měřících stanic z celého území USA. Na základě hodnocení těchto časových řad poukazují autoři na nadbytečnost některých hydrologických indexů a zároveň vybírají takové ukazatele, které jsou pro popis a hodnocení odtokového režimu nejvhodnější (Olden, Poff, 2003).

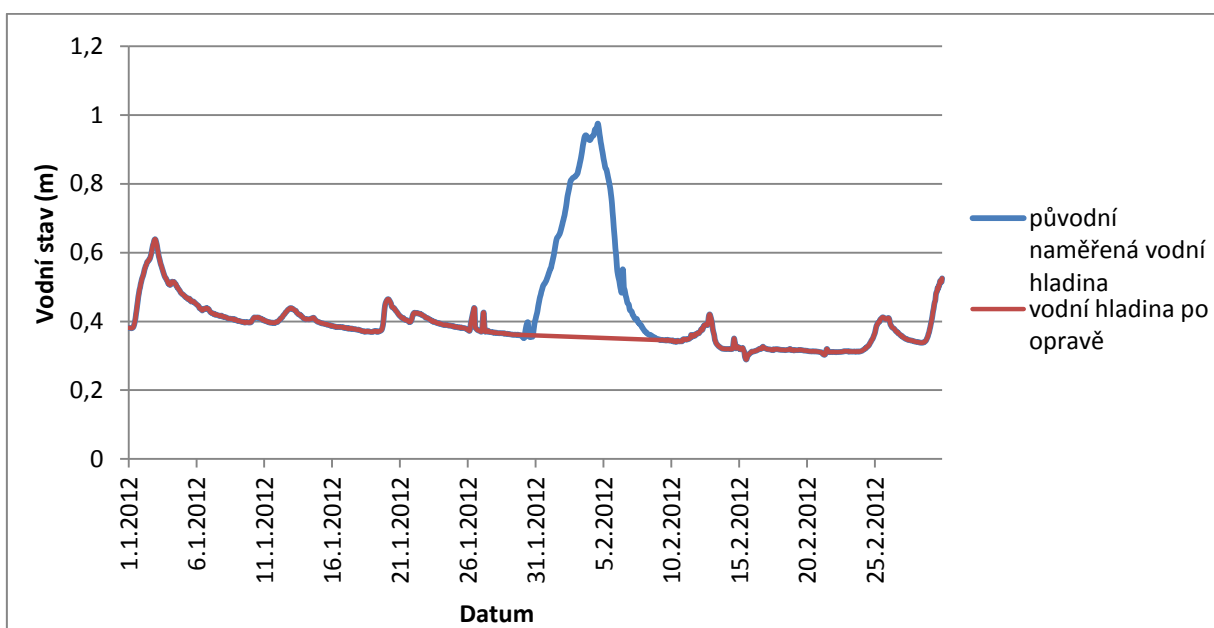
2.2. Zdroje dat a aplikované metody

Pro zpracování bakalářské práce byla použita data vodních stavů za hydrologické roky 2010, 2011 a 2012. Tato data byla získána z monitoringu vodních stavů prováděného KFGG PřF UK. Monitoring vodních stavů na Slatinném potoce je prováděn pomocí automatických měřících přístrojů. Monitorování bylo zahájeno 7. 5. 2009 nejdříve v patnáctiminutových intervalech, které byly 23. 11. 2010 změněny na intervaly desetiminutové. Měření vodních stavů bylo od 7. 5. 2009 do 25. 6. 2012 prováděno pomocí záznamové jednotky 4016 s ultrazvukovým snímačem hladiny od firmy Fiedler (dále jen původní ultrazvuk) (Beranová, 2011). Od 19. 7. 2011 je v provozu záznamová jednotka s tlakovým snímačem a 25. 6. 2012 bylo nainstalován nový ultrazvukový snímač hladiny. Od 5. 5. 2013 je v provozu také přístroj pro měření konduktivity vody.



Obrázek č. 2: Měřící přístroje na Slatinném potoce. Zdroj: vlastní foto (1. 5. 2013)

Nejprve musela být provedena manuální korektura datových řad. Pro kontrolu byla využita data z meteorologické stanice Hřebečná, která se nachází necelých 10 km od Slatinného potoka. Průběh vodních stavů byl porovnáván s průběhem teplot, úhrnem srážek a výškou sněhové pokrývky. Jako příklad zjištěné chyby lze uvést konec ledna roku 2012 a začátek února roku 2013, kdy došlo k náhlému vzestupu hladiny. Po srovnání vodních stavů s daty naměřenými v meteorologické stanici, bylo zjištěno, že takto prudký nárůst nebyl možný, protože od 25. 1. 2012 nebyly zaznamenány žádné významné srážky a nízké teploty vzduchu, které se od 25. 1. 2012 pohybovaly nejméně 5°C pod bodem mrazu, neumožňovaly tání sněhu. Tato chyba je zaznamenána na obrázku 3. a byla opravena pomocí lineární interpolace. Meteorologická data byla přínosná i pro samotné hodnocení hydrologického režimu.



Obrázek č. 3: Graf opravy chybného měření. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

Množství úhrnu srážek a průběh teplot vzduchu byly získány z již zmíněné meteorologické stanice Hřebečná. Meteorologická stanice je umístěna nad obcí Hřebečná v nadmořské výšce 950 m. Úhrn srážek a teplota vzduchu je na stanici měřena od 12. prosince 2008. Od poloviny listopadu 2009 je zaznamenávána i výška sněhu. Data jsou měřena převážně v desetiminutových intervalech (Šedivá, 2011).

Pro zhodnocení odtokového režimu byly využity základní a běžně využívané míry a koeficienty variability. Pro hodnocení denních průtoků a jejich rozkolísanosti byly využity hodnoty m – denních průtoků spolu s čarami překročení. Dále byla pro zhodnocení míry variability průměrných denních průtoků vypočítána za jednotlivé hydrologické roky decilová odchylka (D), relativní variace (V), variační koeficient (C_v) a v České republice zatím ne zcela běžný R-B index. K hodnocení měsíčních průtoků byly použity procentuální podíly odtoku jednotlivých měsíců a následně i procentuální podíly za jednotlivá roční období. Dále byl na základě měsíčních průtoků za jednotlivé hydrologické roky vypočítán koeficient K_r a variační koeficient (C_m). Vzhledem ke krátké časové řadě bylo hodnocení a porovnání vodnosti jednotlivých hydrologických let v práci uvedeno pouze orientačně. Vodnosti jednotlivých hydrologických let byly hodnoceny pomocí poměru ročních průtoků a dlouhodobého průtoku a dále pomocí hodnot pravděpodobností překročení. V kapitole 4 jsou výše uvedené charakteristiky odtoku blíže popsány.

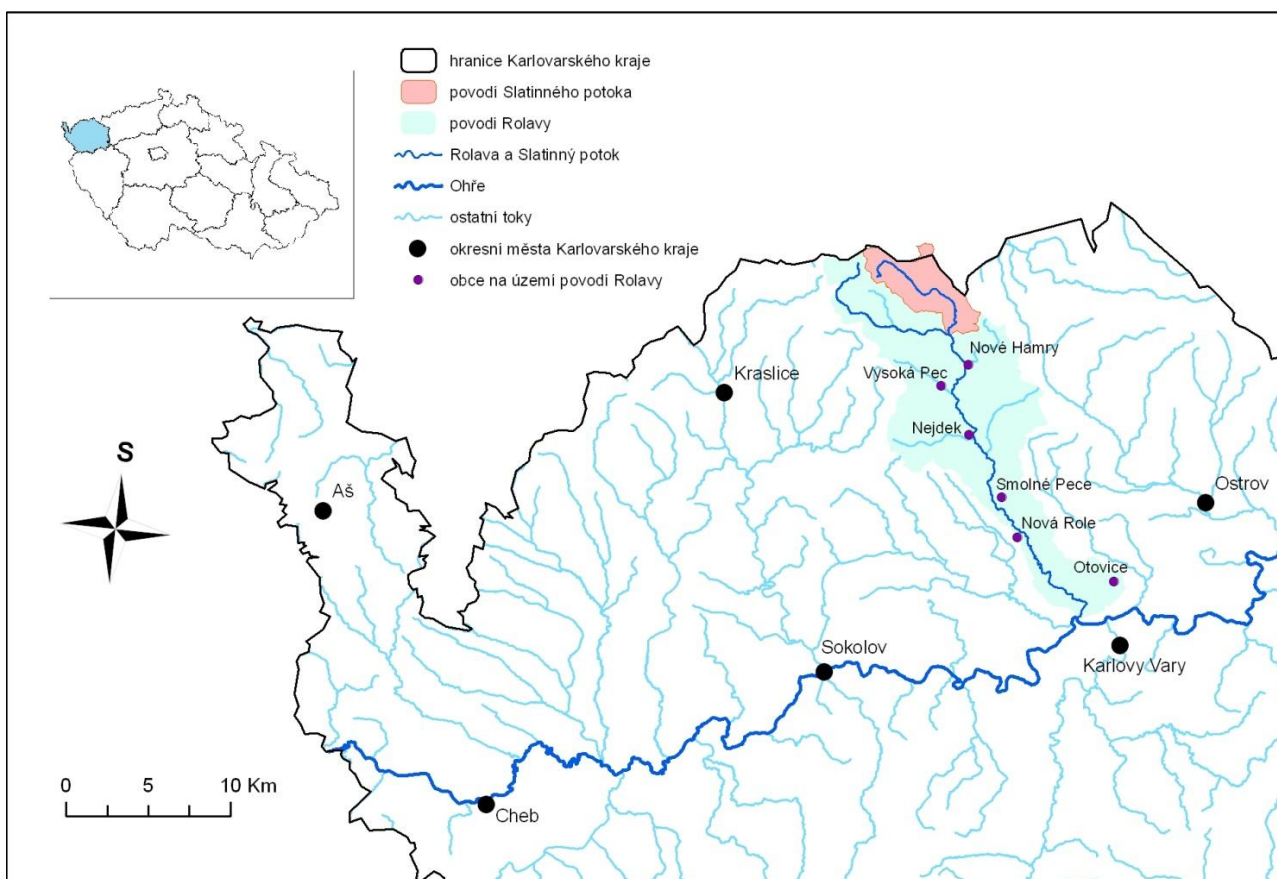
Veškeré tabulky, grafy a výpočty byly prováděny v programu Microsoft Exel a mapové podklady pomocí programu ArcGis 9.3. Veškeré písemné zdroje i zdroje obrázků jsou sepsány v seznamu literatury na konci práce.

3. Fyzicko-geografická charakteristika zájmového území

Tato kapitola se zabývá základní fyzicko-geografickou charakteristikou experimentálního povodí Slatinného potoka. Jedná se především o charakteristiku přírodních poměrů ovlivňujících odtok vody z povodí. Protože mají fyzicko-geografické poměry významný vliv na velikost odtoku a jeho časové či plošné rozložení, je jim věnována následující část práce.

3.1. Lokalizace zájmového území

Povodí Slatinného potoka je experimentální povodí KFGG PŘF UK, nacházející se na severozápadě České republiky v Krušných horách a je součástí povodí řeky Rolavy. Slatinný potok nebo též Černá voda je levostranným přítokem řeky Rolavy a vlévá se do ní na jejím 24,9 říčním kilometru v nadmořské výšce 744 m nedaleko obce Nové Hamry. Rolava je významný levostranný přítok Ohře, vlévá se do ní na jejím 171,6 říčním kilometru v Karlových Varech – Rybářích v nadmořské výšce 370,3 m (Ledvinka, 2008). Slatinný potok je tedy tok IV. řádu dle absolutní řádovosti toků. Slatinný potok odvodňuje území velké pouze 17,71 km² a celková délka toku je 9,64 km. Pramení nedaleko německých hranic v západní části Krušných hor v nadmořské výšce 920 m n. m. nedaleko od Ploché hory v neosídlené oblasti okresu Sokolov. Převážná část toku však protéká okresem Karlovy Vary. Zhruba na svém 4,5 kilometru protéká dnes již zaniklou obcí Jelení. Obec Jelení byla známá těžbou cínu, ale po roce 1945 díky odsunu německého obyvatelstva zcela zanikla (Vaicová, 2004).

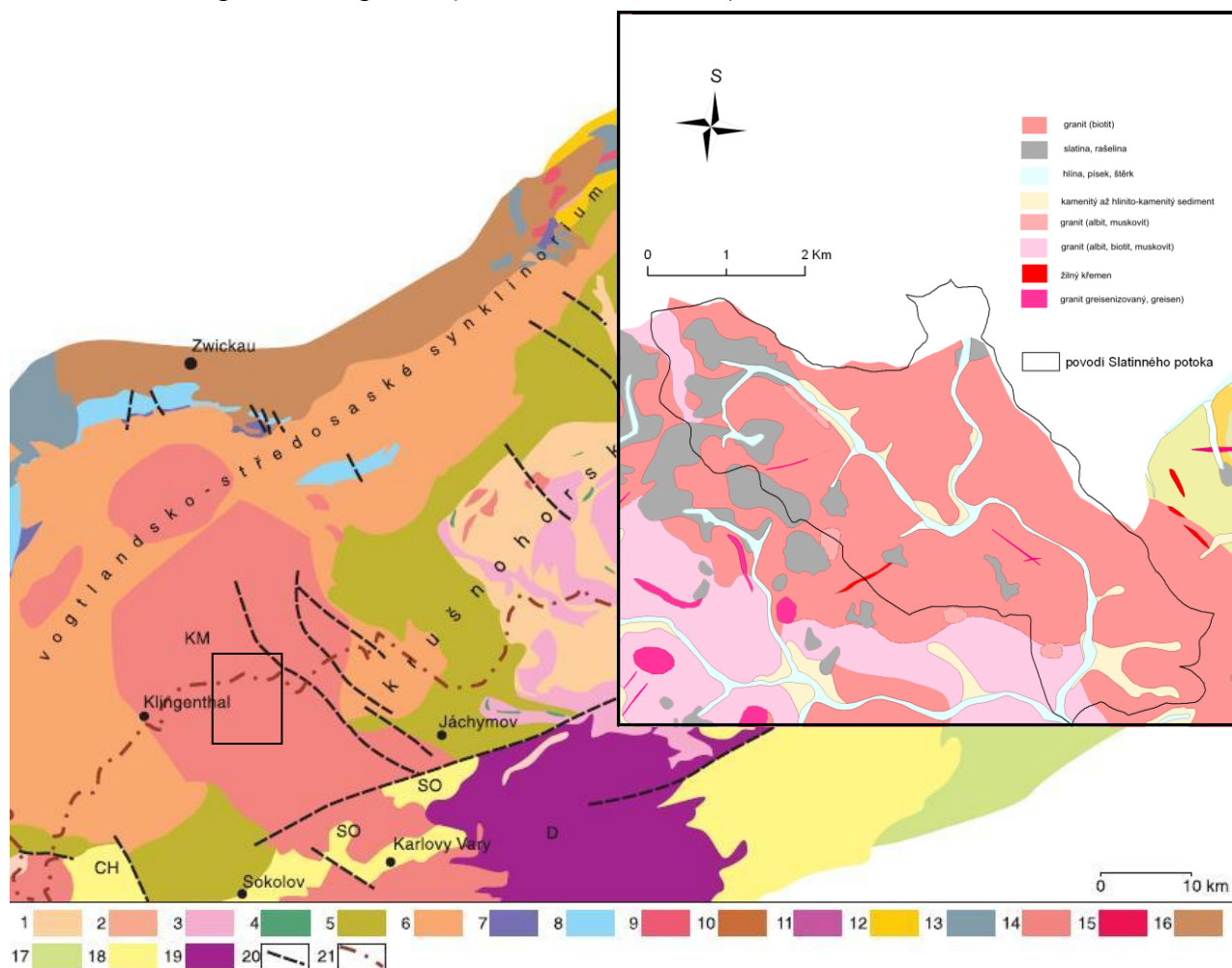


Obrázek č. 4: Poloha povodí Slatinného potoka. Zdroj: DIBAVOD, ArcČr 500

3.2. Geologické poměry

Zájmové území je globálně situováno na území Českého Masivu, který je výsledkem amalgamace armorických mikrokontinentů s Avalonií a Baltikou v čase variských (hercynských) tektonometamorfních procesů (střední devon – spodní perm). Tyto procesy jsou charakterizovány kolizní tektonikou Laurussie a Gondwany. Oblast Českého masivu se dělí na několik litotektonických jednotek s odlišným složením, stářím a geodynamickým vývojem. A sice: oblast tepelsko-barrandienskou (barrandien); oblast moldanubickou (moldanubikum); oblast sasko – durynskou (saxothuringikum); oblast moravsko – slezskou (moravosilezikum). Zájmová lokalita se nachází v západní části Krušných hor a tedy v oblasti saxothuringika (SZ část ČM), které je tvořeno kadomským fundamentem (pre-variské granitoidy), dále komplexem metasedimentárních hornin a komplexu vysokotlakých hornin v pozici allochtonních jednotek. Saxothuringikum je samostatným fragmentem, který byl součástí skupiny

armorických kontinentů a jeho dnešní geologická a topografická stavba je dána deformačními a metamorfními procesy v průběhu spodního karbonu (~340 Ma). Magmatická činnost je v této oblasti charakterizována pre-vasriskou (kadomské granitoidy lužického plutonu, místy metamorfované na komplexy ortorul) a variskou (primárně smrčinský a karlovarský pluton) magmatickou činností. Z hlediska lokálního dělení lze v saxothuringiku vymezit dvě části, a sice: saxothuringikum a lugikum (Kachlík a kol., 1999).



Obr. 7: Schematická geologická mapa krušnohorské oblasti saxothuringika.

Krušnohorské krystalinikum:

1 svory a pararuly kadomského basementu (podkladu), **2** ortoruly kadomského basementu (580-550 Ma), **3** kadomské tzv. červené ortoruly v allochtonní pozici s uzavřeninami vysokotlakých hornin, **4** amfibolity, eklogity, **5** patrně kambrické fylity a svory s vložkami karbonátů, kvarcitů, skarnů a reliktů vysokotlakých hornin, **6** slabě metamorfované fylity ordovického stáří s bojnými vložkami kvarcitů, **7** silurské grafické fylity s lydity, středosasko-vogtlandské synklinorium: **8** devonské fylity a bazické vulkanity, **9** allochtonní ruly frankenberské kry;

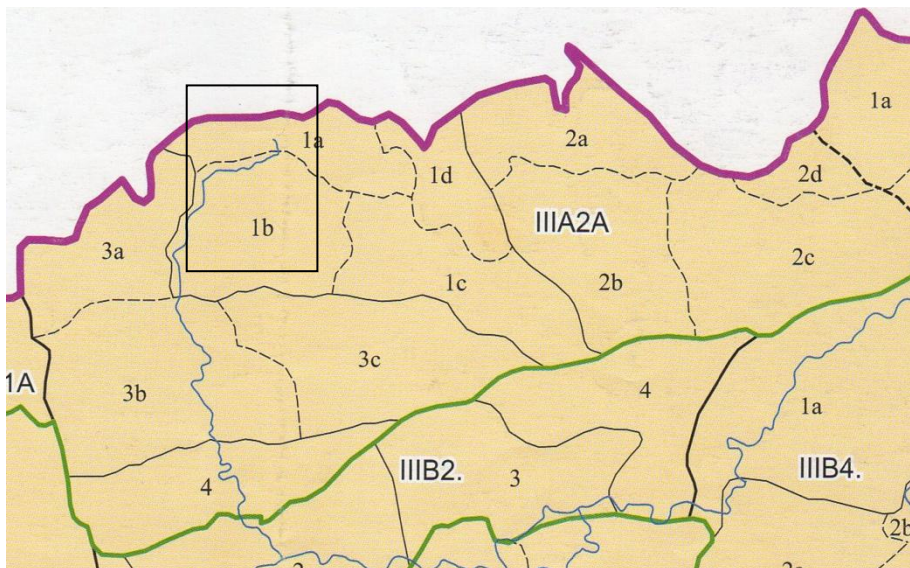
Labská zóna, Wilsdruff-Nossenské krystalinikum a plášť saského granulitového pohoří:

10 proterozoické droby, **11** kadomské granitoidy; **12** staropaleozoické slabě metamorfované vulkanosedimentární komplexy; **13** spodnokarbonská synorogenní klastika (flyš) – droby, břidlice, slepence ve středosasko-vogtlandském synklinoriu a labském břidličném pohoří; **14** variské plutonity: **KM** – karlovarský masiv, **FM** – flájský masiv, **M** – míšeňský masiv, **15** žulové porfyry a ryolity; **16** postorogenní permické sedimenty a vulkanity; **17** sedimenty křídý; **18** neogenní kontinentální převážně limnické a fluviatilní sedimenty; **CH** – chebská, **SO** – sokolovská a **MO** – mostecké pánev; **19** terciérní neovulkanity; **D** – Doupovské bory; **ČS** – České Středohoří; **20** zlomy; **21** státní hranice.

Obrázek č. 5: Geologická mapa krušnohorské oblasti saxothuringika a zájmové oblasti. Zdroj: Kachlík a kol., 1999, Česká geologická služba (1 : 50 000), vlastní úprava

3.3. Geomorfologie území

Z geomorfologického hlediska můžeme povodí zařadit do provincie Česká vysočina, subprovincie Krušnohorská soustava (III), oblasti Krušnohorská hornatina (IIIA), celku Krušné hory (IIIA-2), podcelku Klínovecká hornatina (IIIA-2A) a okrsku Přebuzská hornatina (IIIA-2A-1) (Balatka – Kalvoda, 2006).



Obrázek č. 6: Geomorfologické členění. Zdroj: Balatka, Kalvoda (2006), 1 : 100 000

Celé povodí je součástí geomorfologického celku Krušné hory. Jedná se o plochou hornatinu s výškovou členitostí 200 – 500 m. Krušné hory mají střední nadmořskou výšku 707,6 m a střední sklon 7°45' (Demek a kol., 1987).

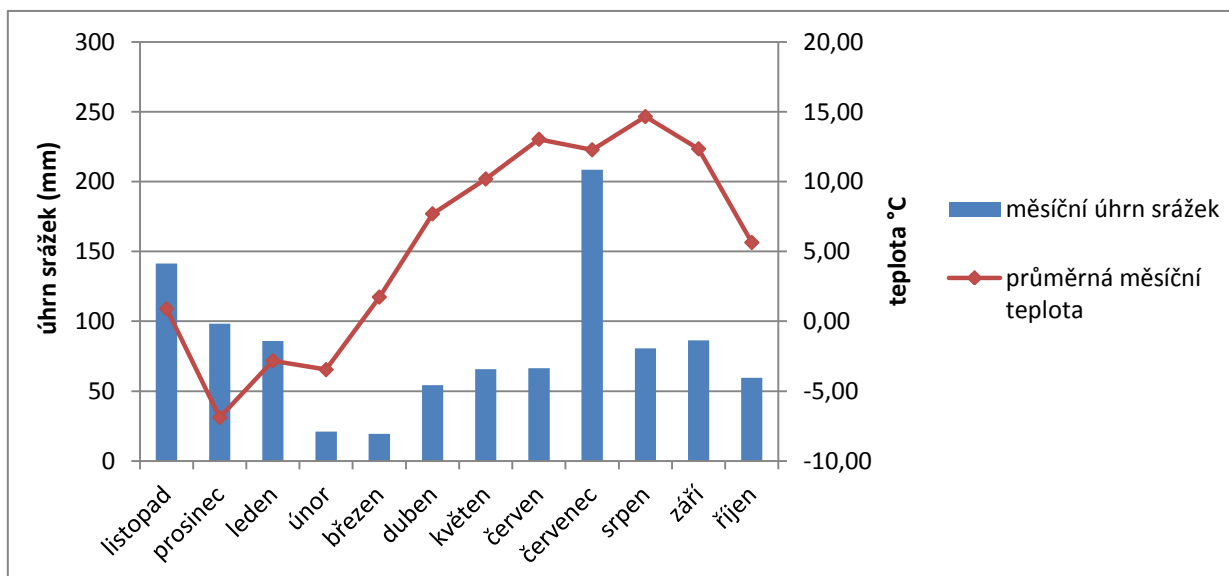
Klínovecká hornatina má rozlohu 755 km². Jedná se o kernou hornatinu s rozlehlými zbytky zarovnaných povrchů protaženou směrem jihozápad – severovýchod. Vrcholová část je plochá a mírně ukloněná severozápadním směrem. Do zájmového území zasahuje okrskem Přebuzská hornatina. Přebuzská hornatina je kerná hornatina na severovýchodě ohraničená příčným zlomem. Ve vrcholové části se nacházejí rozsáhlé zbytky zarovnaných povrchů a skalní tvary zvětrávání a odnosu žul. Nejvyšším bodem Přebuzské hornatiny je Zaječí hora, která je se svou nadmořskou výškou 1 009 m i nejvyšším místem v povodí Slatinného potoka (Demek a kol., 1987).

3.4. Charakteristika klimatu

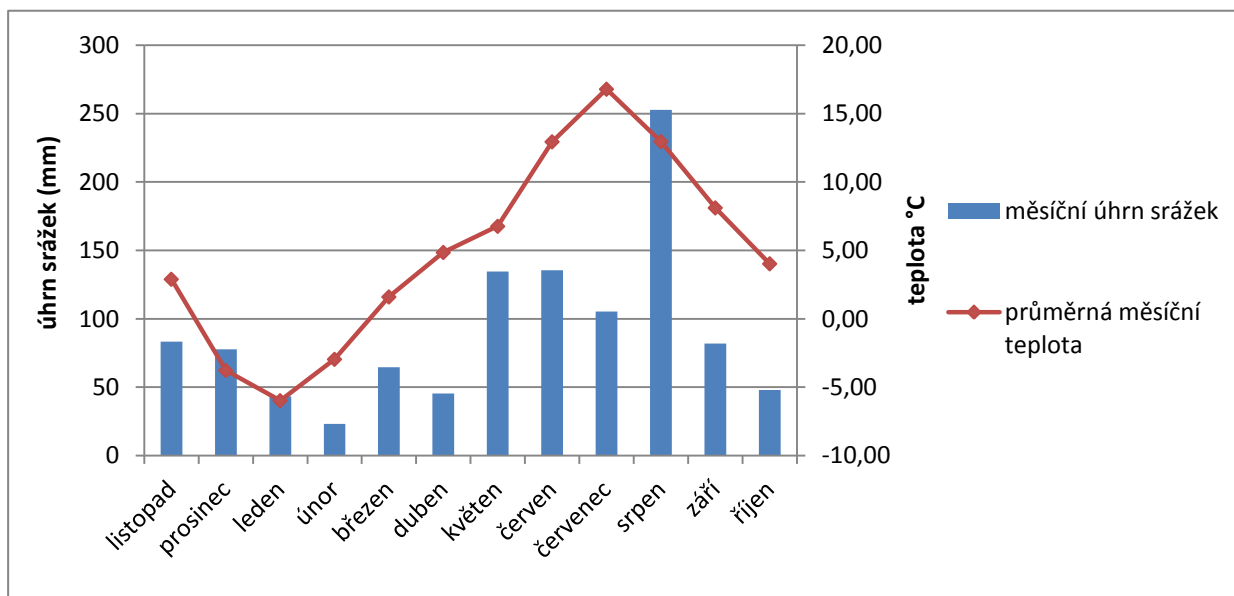
Největší přímý vliv na odtok mají klimatické podmínky, a to především množství dešťových ale i sněhových srážek a teplota.

Následující údaje úhrnu srážek a teplot jsou získány z meteorologické stanice Hřebečná, která se nachází v nadmořské výšce 950 m, pár kilometrů od experimentálního povodí Slatinného potoka. Díky tomu se dá předpokládat, že množství spadlých srážek i vývoj teplot vzduchu bude na těchto místech velmi podobný.

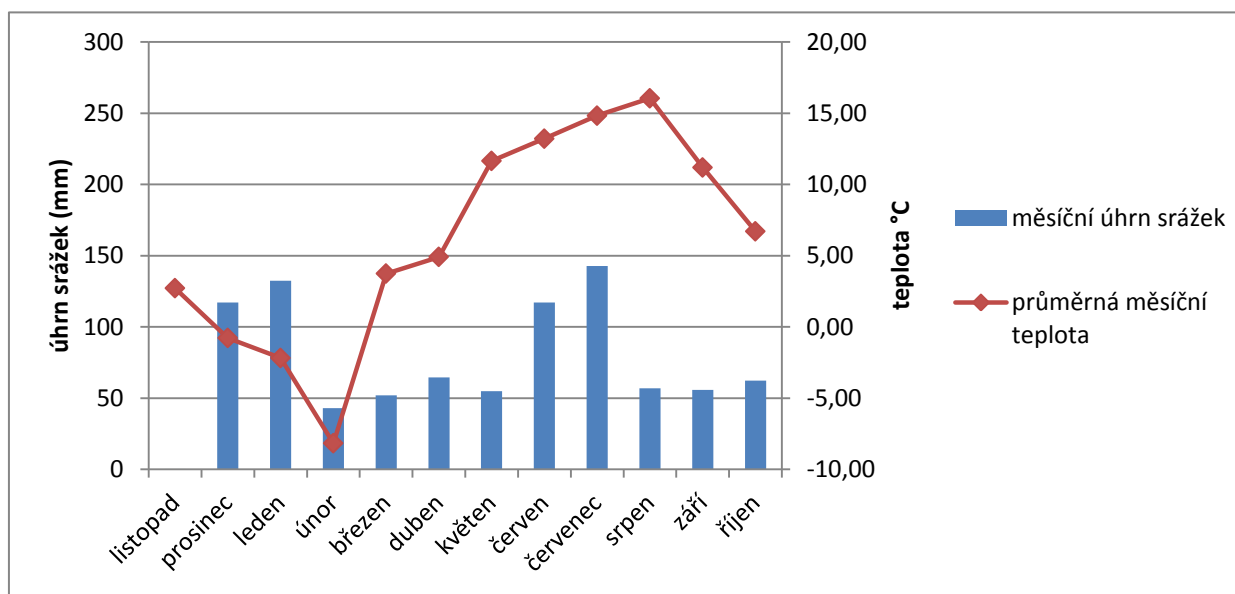
Roční úhrn srážek ve studované oblasti se pohybuje kolem 1000 mm. Takto vysoká hodnota je pro horské oblasti a toky Krušných hor zcela běžná. Nejvíce vodným hydrologickým rokem z hlediska spadlých srážek byl rok 2010, během kterého spadlo celkem 1095 mm srážek. V hydrologickém roce 2012 byl roční úhrn srážek 898 mm, kdy během listopadu nebyly zaznamenány prakticky žádné srážky. Největší úhrny srážek se vyskytují v létě. Průměrné roční teploty se ve zkoumaných hydrologických letech pohybovaly kolem 5 °C. V hydrologickém roce 2010 byla průměrná roční teplota 4,9 °C, v hydrologickém roce 2011 5,44 °C a v hydrologickém roce 2012 byla průměrná roční teplota 6,1 °C. Nejteplejší měsíce za sledované hydrologické roky jsou červenec a srpen, jejichž průměrné teploty se pohybují kolem 16 °C.



Obrázek č. 7: Graf měsíčních úhrnů srážek a průměrných měsíčních teplot vzduchu za hydrologický rok 2010. Zdroj: Data z meteorologické stanice Hřebečná



Obrázek č. 8: Graf měsíčních úhrnů srážek a průměrných měsíčních teplot vzduchu za hydrologický rok 2011. Zdroj: Data z meteorologické stanice Hřebečná



Obrázek č. 9: Graf měsíčních úhrnů srážek a průměrných měsíčních teplot vzduchu za hydrologický rok 2012. Zdroj: Data z meteorologické stanice Hřebečná

3.5. Půdní pokryv

Půdní pokryv zásadně ovlivňuje velikost a intenzitu vsaku vody a tím i velikost časového a plošného rozdělení odtoku. Míra propustnosti půd je podmíněna zrnitostním složením, ale i strukturou ovlivněnou obsahem humusu, jejich stavem vlhkosti a dalšími vlastnostmi (např. nakypření, ulehlost) (Netopil, 1984). Následný popis pokryvu půdy povodí Slatinného potoka byl sestrojen na základě obrázků přílohy 1, 2 a 3.

Převážnou část povodí pokrývají podzoly, a to především podzoly modální, kolem organozemí se vyskytují podzoly zrašelinělé. Podzoly jsou půdy, které se vyskytují v nejvyšších horských polohách, ve velmi vlhkém a chladném klimatu. Vznikají hlavně pod jehličnatými lesy a jejich matečným substrátem jsou zpravidla zvětraliny minerálně slabších hornin (Tomášek, 2003). V případě Slatinného potoka to jsou granitoidní horniny.

Organozemě neboli rašelinistní půdy se v povodí vyskytují převážně v pramenné oblasti Slatinného potoka, ale i v pramenných oblastech jeho přítoků či podél velmi malých potoků. Organozemě se vyskytují ve výškách kolem 900 m n. m. na rovinách nebo na svazích s velmi mírným sklonem. Tento typ půdy vzniká intenzivní akumulací slabě rozložených zbytků v silně zvodnělém prostředí (Tomášek, 2003). Krušné hory jsou vedle Šumavy druhou nejbohatší oblastí na rašelinistě (vrchoviště). Největšími chráněnými lokalitami jsou Božídarská rašelinistě a Novodomské rašelinistě. Za nejkrásnější a nejceněnější rezervaci Krušných hor je však považováno Velké jeřábí jezero (26,9 ha), které se nachází právě v povodí řeky Rolavy. V zájmovém území se nachází rašelinistě Malé jeřábí jezero, kterým protéká Bukový potok. Samotný Slatinný potok pramení v rašelinisti Volárna. Toto rašelinistě má rozlohu 41 ha a maximální mocnost 670 cm (Dohnal, 1965). Nedaleko pramene se nachází Národní přírodní rezervace Velký močál s celkovou plochou 50,27 ha. Všechna uvedená horská rašelinistě jsou vrchovištního typu.

Dalším půdním typem vyskytujícím se v povodí Slatinného potoka jsou gleje. Jedná se o typ půd, který se vyskytuje především v nivách vodních toků a

v zamokřených úpadech. Ve vyšších nadmořských výškách je častý glej zrašelinělý s hlubokým humusovým horizontem, tvořeným zrašelinělou organickou hmotou. (Tomášek, 2003). V povodí se vyskytují především podél horního toku Slatinného a Bukového potoka gleje histické. Dále se na území vyskytují gleje fluvické, a to v nižších polohách podél dolního toku Slatinného potoka.

Oblast samotného toku Slatinného potoka od soutoku s Bukovým potokem je pokryta kryptopodzoly glejovými, v jejichž blízkosti se objevují kryptopodzoly oglejené. Podél toku v nižších nadmořských výškách a příkrých svazích se nacházejí kryptopodzoly rankerové. Kryptopodzol modální se vyskytuje hlavně na značně skloněných svazích v dolní části Slatinného potoka. Kryptopodzoly neboli rezivé půdy jsou půdy, které vznikaly převážně pod horskými smrčínami, v chladném a vlhkém klimatu (Tomášek, 2003).

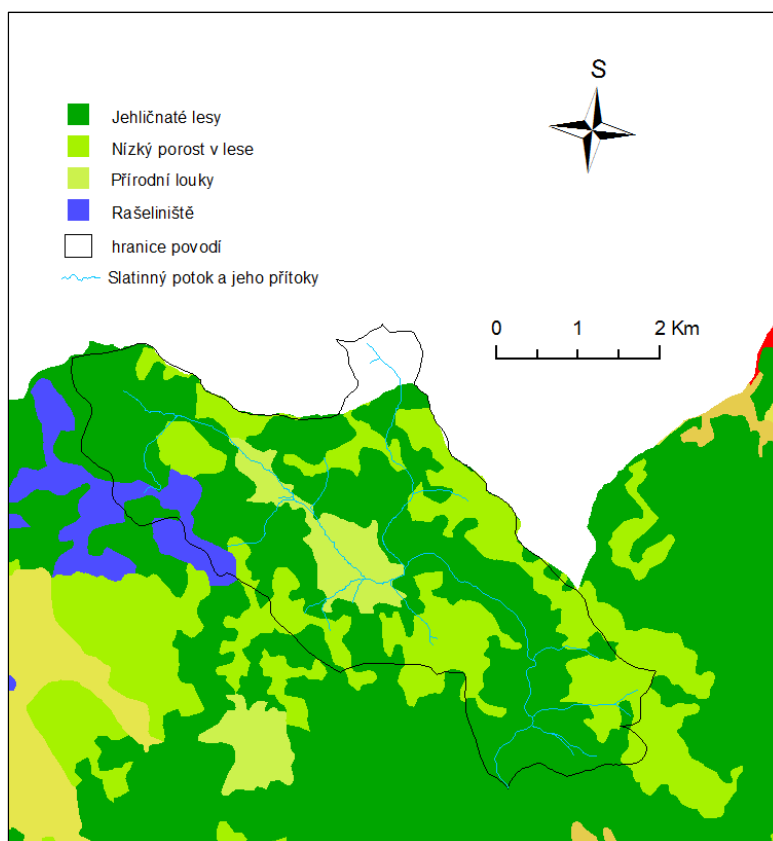
Dále se v povodí Slatinného potoka objevují antropozemě, a to v oblasti vrcholu U Štoly (941 m n. m.) a vrcholu Korec (981m n. m.). Velmi malá část je pokryta rankerem podzolovým. Tyto půdy se často vyskytují na plošně málo rozlehlých lokalitách. V případě zájmového povodí se nacházejí na území vrchu Bučina (963 m n. m.).

Pro odtok srážkové a tavné vody je velmi důležitý půdní druh. Důležitá je především schopnost půdy do sebe vodu nasáknout, významnou roli hraje jeho zrnitostní složení. Dobré infiltrační i retenční schopnosti mají organozemě. Převážná část povodí Slatinného potoka zaujímají podzoly, u kterých se srážkové vody hůře vsakují a odtok probíhá především po povrchu (Šedivá, 2011).

3.6. Vegetační pokryv

Velký vliv na odtok vody v povodí a na režim průtoků má také vegetace a to především její schopnost na svém povrchu zadržovat část spadlých srážek (intercepce) a jejich následný výpar. Míra intercepce značně závisí na druhu, hustotě a zdravotním stavu vegetace. Les má příznivý vliv na vláhovou bilanci, na odtok vody a jeho vyrovnaný průběh (Netopil, 1984).

Kolem 53 % zájmového území je pokryto jehličnatými lesy a 36 % nízkým lesním porostem (Landcover, MŽP, 2006). Dohromady tedy skoro 90% povodí je pokryto stromy nebo nízkým lesním porostem. Míra intercepce zde tedy bude hrát významnou roli. Odtok z takto zalesněných ploch je mnohem menší než by byl z oblasti, která je z větší části pokryta loukami nebo poli. V okolí bývalé obce Jelení se nachází odlesněné území pokryté přírodními loukami. Tato oblast zaujímá pouze necelých 8 % z celkové rozlohy experimentálního povodí (Obrázek č. 10).



Obrázek č. 10: Krajinný pokryv. Zdroj: ArcČR, geoportal.gov.cz / CORINE Land Cover 2006 databáze České republiky (1 : 100 000)

3.7. Ochrana přírody

Na území povodí Slatinného potoka se nacházejí dva přírodní parky, Jelení vrch a Přebuz. Přírodní park Přebuz je sice o 5 559 ha rozlehlejší než Jelení vrch, avšak do zájmového území zasahuje pouze okrajově. Více jak polovina plochy povodí náleží přírodnímu parku Jelení vrch.

Přírodní park Jelení vrch má celkovou rozlohu cca 4 300 ha a je téměř z 90% pokryt lesními porosty, tvořené převážně smrkem ztepilým (*Picea abies*). Druhově málo bohatou flóru zpestřuje pár zvláště chráněných druhů, např. kriticky ohrožený vítod douškolistý (*Polygala serpyllifolia*) a silně ohrožená rosnatka okrouhlolistá (*Drosera rotundifolia*). Z ohrožených druhů zvířat se zde vyskytuje např. kulíšek nejmenší (*Glaucidium passerinum*) a sýc rousný (*Aegolius funereus*). Součástí parku je přírodní rezervace Malé jeřábí jezero. Tato přírodní rezervace se nachází v nadmořských výškách 920 – 930 m n. m. a celková plocha území je 6,02 ha. Jedná se o horské rašeliniště vrchovištního typu ležící u státních hranic se Spolkovou republikou Německo. Před několika lety byla okrajová část rezervace odvodněna, což způsobilo narušení rašelinných smrčín (Zahradnický, Mackovčín, 2004). Přírodní rezervací protéká největší přítok Slatinného potoka Bukový potok.



Obrázek č. 11: Národní přírodní rezervace Velký močál. Zdroj: Zdeněk Patzelt, <http://www.cittadella.cz>

Přírodní park Přebuz se rozkládá na ploše 9 859 ha a do zájmového území zasahuje plochou asi 540 ha. V parku se nachází rozsáhlý komplex vrchovištních rašelinišť a návazných lesních ekosystémů. Jejich nejzachovalejší části jsou zvláště chráněny v národních přírodních rezervacích Velké jeřábí jezero a Velký močál. Národní přírodní rezervace Velký močál se nalézá nedaleko pramenné oblasti Slatinného potoka. Nachází se ve výšce 906 – 929 m n. m., jeho výměra je 50,27 ha. Jedná se o horské rašeliniště s charakteristickými porosty a typickou rašelinnou flórou. Roste zde mnoho druhů rašeliníků např. rašeliník hnědý (*Sphagnum fuscum*), rašeliník červený (*Sphagnum rubellum*), na střídavě zaplavovaných mikrobiotech rašeliník bradavčitý (*Sphagnum papillosum*). Z mechorostů se zde vyskytuje volatka baňatá (*Splachnum ampulaceum*). Z velmi vzácných druhů se zde vyskytuje rosnatka anglická (*Drosera anglica*). Nejcennější stanoviště uprostřed vrchoviště jsou značně ničena jeleny, kterých zde žije nadměrné množství. Národní přírodní rezervace Velký močál je dále velmi bohatá na ptactvo, vyskytuje se zde tetřev hlušec (*Tetrao urogallus*), kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), ale také kulíšek nejmenší (*Glaucidium passerinum*) nebo krkavec velký (*Corvus corax*). Těžba rašelin zde začala již v 18. století, nejvíce

se rozmohla po roce 1920. Dnes je vstup do chráněného území zakázán (Zahradnický, Mackovčín, 2004).

3.8. Hydrografie

Kapitola je věnována podrobné hydrografické charakteristice povodí a samotného toku. Základní hydrografické veličiny jsou uvedeny v tabulce č. 1. Pomocí těchto hodnot byly dále odvozovány jednotlivé hydrografické charakteristiky.

Tabulka č. 1: Základní hydrografické veličiny.

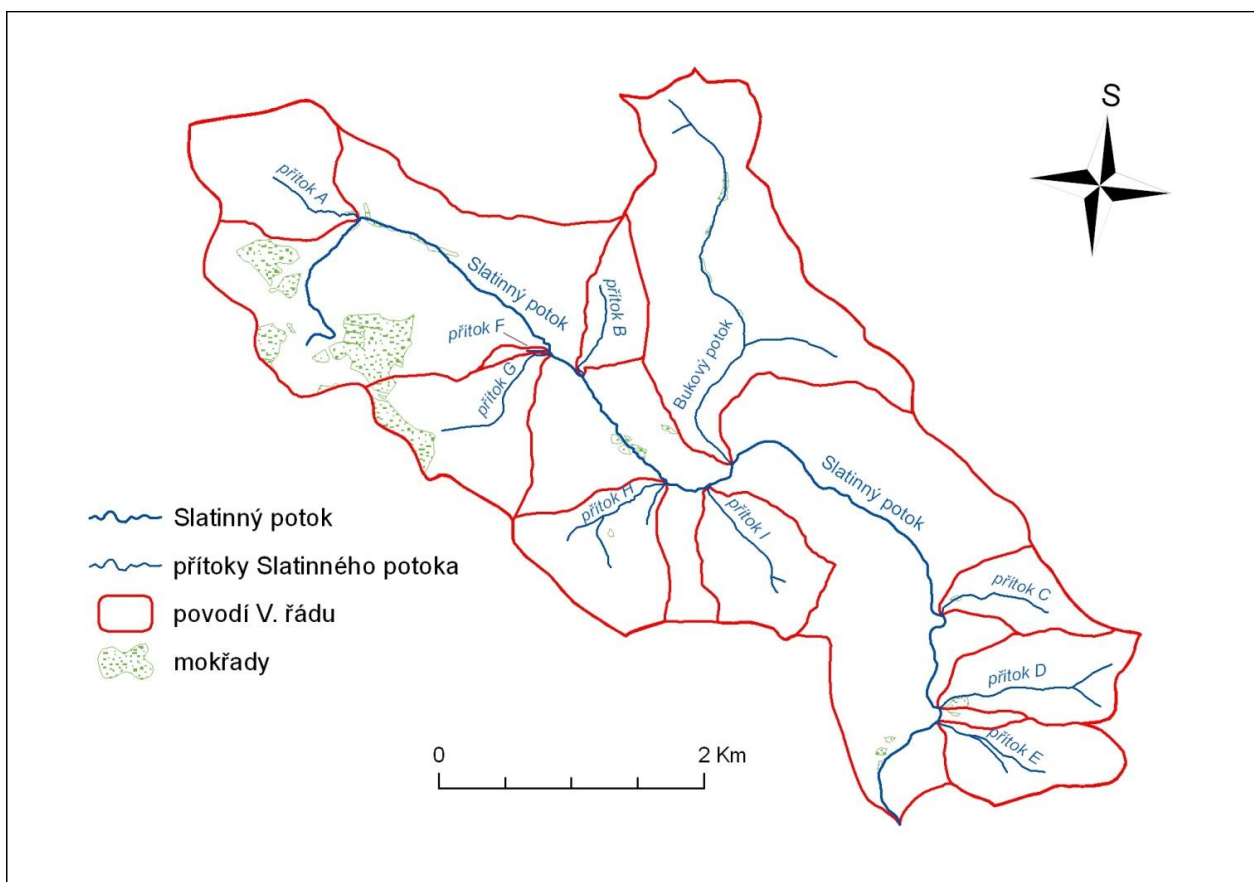
Plocha povodí F (km ²)	17,713
Délka toku L (km)	9,644
Úhrnná délka toků $\sum L$ (km)	23,553
Délka rozvodnice L_R (km)	23,857
Délka povodí a (km)	7,518
Nejvyšší bod povodí h_{\max} (m n. m.)	1 009
Nejnižší bod povodí h_{\min} (m n. m.)	744
Nejvyšší bod toku H_{\max} (m n. m.)	920
Nejnižší bod toku H_{\min} (m n. m.)	744

Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED

3.8.1. Poloha a plocha povodí

Slatinný potok je levostranný přítok řeky Rolavy, jedná se o tok IV. řádu dle absolutní řádovosti toků. Pramení jihozápadně od Ploché hory (939 m n. m.) v nadmořské výšce 920 m n. m. v rašelinné oblasti (Vlček a kol, 1984). Do řeky Rolavy se vlévá na jejím 11,7 říčním kilometru ve výšce 744 m n. m. Tento soutok se nachází asi 2 km severozápadně od obce Nové Hamry. Slatinný potok je dlouhý 9,64 km a celková plocha jeho povodí je 17,71 km², z toho přibližně 1 km² leží na území Spolkové republiky Německo. Nejvýznamnější přítok je Bukový potok dlouhý 3,5 km, který protéká známou přírodní rezervací Malé Jeřábí jezero. Do Slatinného potoka se vlévá 5,21 km od jeho pramene a odvodňuje území velké asi 3 km². Nejvyšší bod povodí je Zaječí vrch

s nadmořskou výškou 1 009 m a nejnižší je v místě soutoku s řekou Rolavou (744 m n. m.).



Obrázek č. 12. : Hydrografická mapa povodí. Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED, rozvodnice V. řádu byly vytvořeny pomocí digitálního modelu terénu a vrstevnic podle pravidel pro určování rozvodnic

3.8.2. Tvar povodí

Důležitou charakteristikou povodí je jeho tvar, který výrazně ovlivňuje utváření odtoku jak po spadnutí dešťových srážek, tak i při tání sněhu. Pro porovnání jednotlivých povodí se tvarové vlastnosti vyjadřují číselnými hodnotami. S tvarem povodí souvisí i rozložení říční sítě (Netopil, 1984).

- *Charakteristika povodí* (α) je jedním ze základních faktorů popisujících tvar povodí. Jedná se o hodnotu poměru plochy povodí (F) a druhé mocniny délky povodí (a) (spojnice závěrového profilu a nejvzdálenějšího místa povodí) (Kemel, 2000).

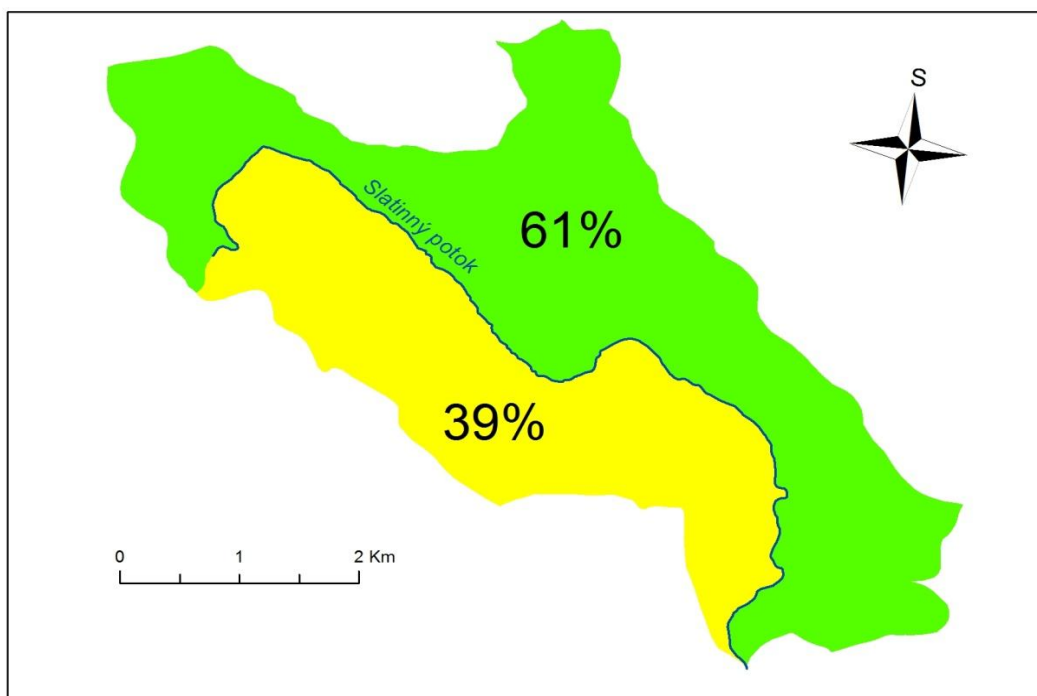
$$\alpha = \frac{F}{a^2} = 0,313$$

Povodí Slatinného potoka řadíme podle výsledné hodnoty mezi povodí vějířovitého tvaru. Tento tvar se z hlediska velkých, ničivých a především rychlých povodní považuje za nejnebezpečnější (Kemel, 2000).

- Další faktor, který nám umožňuje číselně definovat tvar povodí je *koeficient souměrnosti povodí* K_S . Vypočítá se jako podíl rozdílu levé (F_L) a pravé (F_P) části povodí a jeho celkové plochy (F).

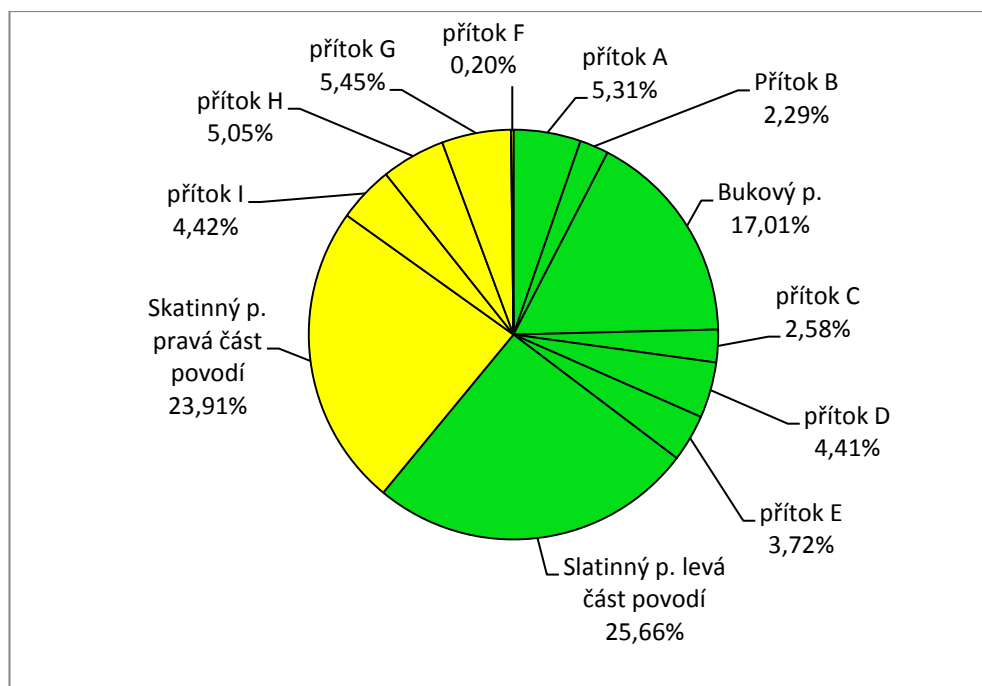
$$K_S = \frac{|F_L - F_P|}{F} = 0,219$$

Podle výsledné hodnoty K_S se dá odvodit, že se jedná o relativně nesouměrné povodí. Tento fakt potvrzuje i obrázek č. 13 a 14. Levá část povodí zabírá více jak 60% celkové plochy zájmového území a necelých 40 % povodí náleží jeho levé části.



Obrázek č. 13: Symetrie plochy povodí. Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED

Na obrázku č. 14 jsou znázorněny jednotlivé plochy povodí IV. řádu a oblasti odvodňované přímo Slatinným potokem. Již na první pohled je zřejmé, že plocha levé části povodí převažuje nad pravostrannou a to hlavně zásluhou Bukového potoka, který odvodňuje 17% celkového území. Přímou do Slatinného potoka se odvodňuje necelých 50 % povodí.



Obrázek č. 14: Kruhový graf vývoje povodí. Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED

- *Koeficient protáhlosti* R_E je dalším ukazatel tvaru povodí. Tento koeficient může nabývat hodnot od 0 do 1 (Netopil, 1984).

$$R_E = \frac{2\sqrt{\frac{F}{\pi}}}{a} = 0,632$$

Výsledná hodnota R_E vypovídá o spíše protáhlém než kruhovém tvaru povodí.

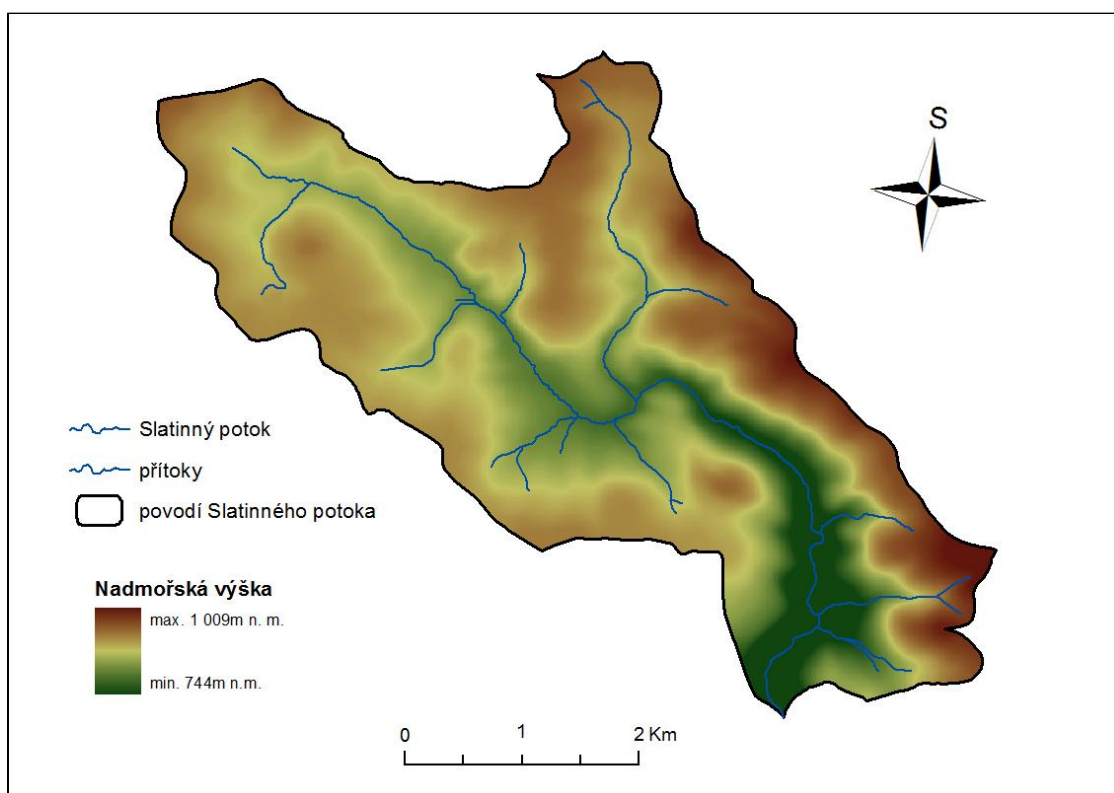
- *Gravelliův koeficient* K_G je poslední ukazatel, který podává informaci o tvaru povodí. Gravelliův koeficient udává poměr mezi délkou rozvodnice (L_R) a kruhem plochy povodí. (Netopil, 1984).

$$K_G = \frac{L_R}{2\sqrt{F\pi}} = 1,599$$

K_G vyjadřuje míru členitosti rozvodnice, případně protáhlosti povodí. Podle výsledné hodnoty K_G můžeme usoudit pouze to, že se nejedná o povodí kruhového charakteru. Přihlédnutím k hodnotě koeficientu R_E však můžeme konstatovat, že nekruhovitost povodí je způsobena spíše protáhlostí než členitostí.

3.8.3. Výškové poměry povodí a toku

Velmi důležité pro odtok jsou výškové a sklonové poměry povodí, tzv. orografické poměry. Tyto faktory výrazně ovlivňují klimatické podmínky (množství srážek, teplota), ale mohou také výrazně ovlivnit rychlost odtoku vody z povodí. Čím větší má svah sklon, tím se voda na svahu méně zdrží, sníží se i infiltrace vody a naopak se zvýší odtok. Naopak na rovinách je srážková voda zadržena a odtéká pomaleji. Rychlost odtoku značně záleží také na povrchu svahů (Kemel, 2000).



Obrázek č. 15: Mapa nadmořských výšek. Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED

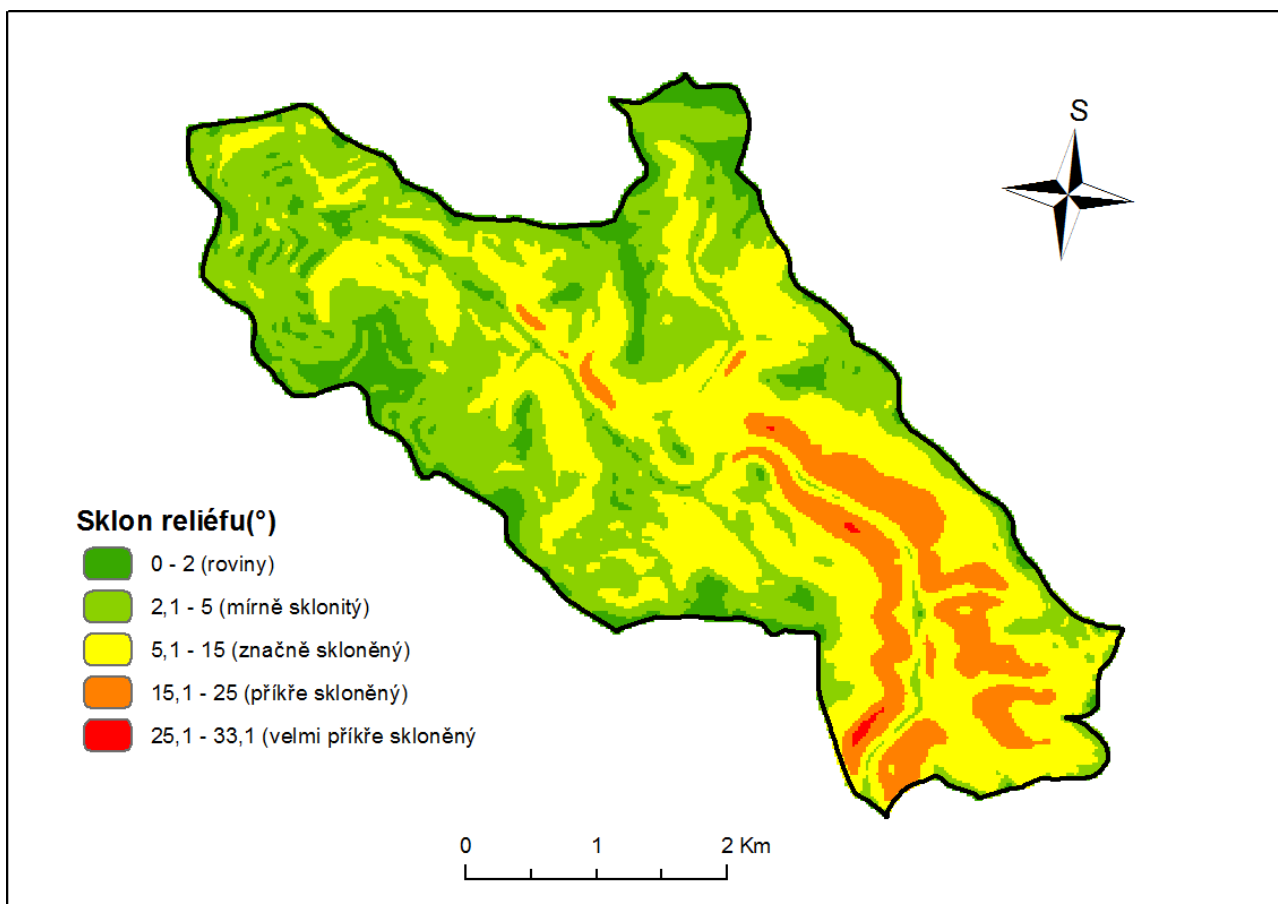
- *Převýšení povodí* (Δh) vyjadřuje rozdíl mezi maximální (h_{\max}) a minimální (h_{\min}) nadmořskou výškou celého povodí (Netopil, 1984). Nejvyšší bod povodí je již zmíněný Zaječí vrch s nadmořskou výškou 1009 m n. m. a nejnižší je v místě soutoku s řekou Rolavou v 744 m n. m.

$$\Delta h = h_{\max} - h_{\min} = 265\text{m}$$

- Další výškopisnou charakteristikou je *průměrný sklon povodí* (I_p). Jedná se o podíl převýšení profilu (Δh) a druhé odmocniny plochy povodí (F).

$$I_p = \frac{\Delta h}{\sqrt{F}} = 14,96\text{‰}$$

Výsledná hodnota průměrného sklonu povodí nám podává pouze hrubou představu o sklonitosti povodí. Podrobnější pohled poskytuje obrázek č. 16. V povodí se vyskytují jak roviny, tak i velmi příkré svahy. Velká část náleží rovinám a mírně sklonitým svahům do 5° a to ve vyšších polohách povodí. Na těchto rovinách se voda ze srážek zdrží, vsákne se a jen malé množství odtече povrchovým odtokem. V těchto oblastech se často vyskytují rašeliniště, která jsou pro experimentální povodí Slatinného potoka typická a výrazně ovlivňují jeho odtokové podmínky. Značně skloněné svahy (5,1 – 15°) zauímají převážnou část povodí, a to především ve středním a dolním toku. Příkré a velmi příkré skloněné svahy jsou pouze podél dolního toku. Na těchto svazích se srážková voda příliš nezdrží a zvýší tak celkový povrchový odtok.



Obrázek č. 16: Sklonitost reliéfu povodí. Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED

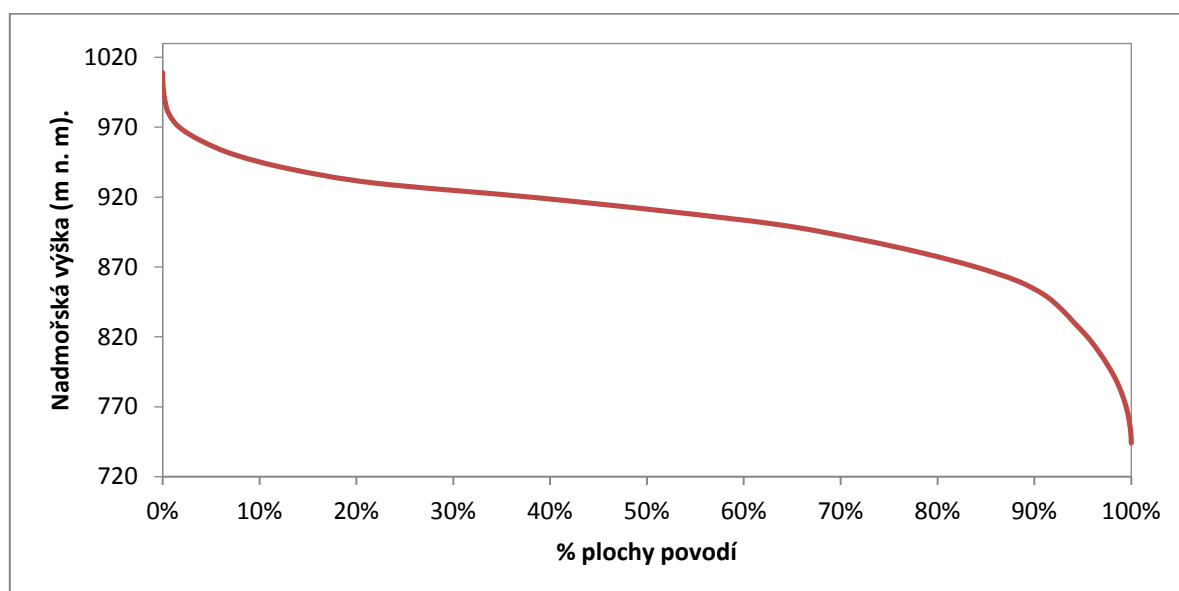
- Spád toku je charakteristika, která nám podává informaci o tom, jaký je rozdíl mezi maximální (H_{\max}) a minimální (H_{\min}) nadmořskou výškou toku.

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min} = 176\text{m}$$

- Stejně jako můžeme stanovit průměrný sklon celého povodí, můžeme také určit průměrný sklon toku (I_t). V tomto případě se však jedná o poměr mezi rozdílem nejvyššího (H_{\max}) a nejnižšího (H_{\min}) bodu toku a jeho délkou.

$$I = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} = 18,25\text{‰}$$

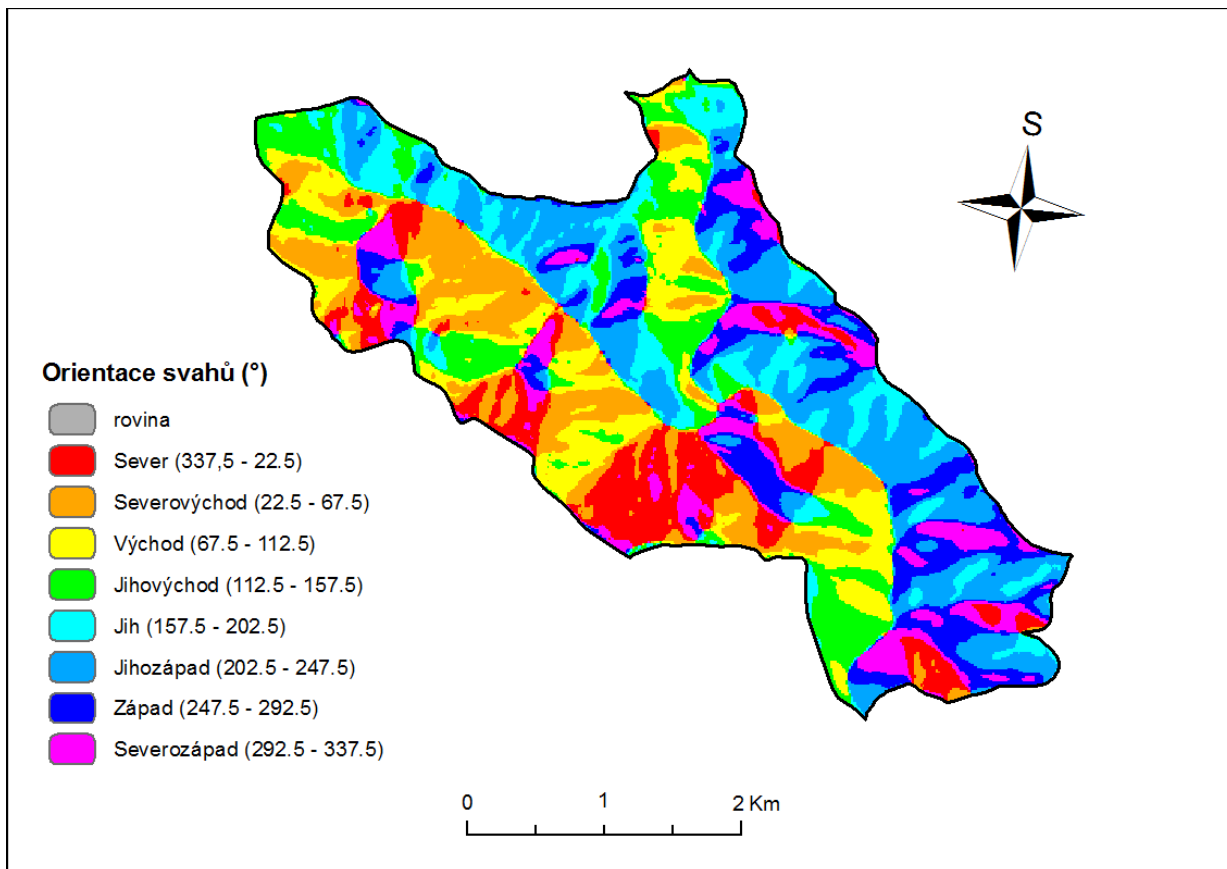
- Vlastnosti reliéfu dokáže velmi dobře popsat také hypsografická křivka. Jedná se o křivku, která určuje podíl plochy povodí v určité nadmořské výšce na celkové ploše povodí. Z křivky se dají zjistit extrémní výšky povodí, podíl plochy povodí nad určitou nadmořskou výškou, dá se z ní také odečíst objem topografického tělesa (povodí) (Netopil, 1984).



Obrázek č. 17: Hypsografická křivka. Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED

Z hypsografické křivky sestrojené pro naše zájmové území můžeme vyčíst, že zhruba 30% území leží ve větší nadmořské výšce než pramen Slatinného potoka.

Další faktor ovlivňující především klimatické podmínky v povodí je expozice svahů. Expozice má velký vliv na rozložení srážek (návětrný, závětrný efekt), ale také na množství a délku dopadajícího slunečního záření. Orientace svahů vůči světovým stranám má tedy zásadní vliv i na rychlost tání sněhu a odtok. Z obrázku č. 18 je na první pohled zřejmé, že v povodí Slatinného potoka převládají svahy s jižní a jihovýchodní orientací. Tyto svahy mají vysoký příjem slunečního záření a vyznačují se velkými teplotními amplitudami, ale také vysokým stupněm výparu a vysoušení půdy. Proto je odtok z takto orientovaných svahů vyšší při jarním tání sněhu než ze svahů orientovaných na sever. Svahy se severní a severovýchodní orientací zaujímají také velkou část území, ale na rozdíl od jižněji orientovaných svahů trpí nižšími teplotami a jsou vystaveny studeným severním větrům.



Obrázek č. 18: Expozice svahů. Zdroj: DIBAVOD, ZABAGED

3.8.4. Charakteristika říční sítě

Po spadnutí dešťových srážek je část vody zachycena intercepcí, část se infiltruje do půdy. Srážková voda, která nebyla zachycena vegetací a nevsákla se do půdy, stéká díky gravitaci ve směru největšího sklonu v tenké vrstvě (ron), poté je soustřeďována do malých stroužek a rýh, následně se vlévá do sítě tzv. erozních rýh a nakonec se dostává do stálých říčních koryt (Kemel, 2000).

- Křivolaký průběh toku je jeho přirozeným znakem a následkem dlouhého vývoje. Míra křivolakosti říčního toku bývá velmi rozličná a díky velké citlivosti řeky na změny ve svém povodí i svém řečišti značně proměnlivá v čase. *Koeficient křivolakosti* (K_c) tzv. stupeň vývoje toku udává zmíněnou míru křivolakosti toku a podává nám hrubou představu o stáří toku. K_c se vypočítá jako poměr přímkové vzdálenosti (d) od pramene k ústí a skutečné délce toku (L) (Suda, Herber, 2003).

$$K_c = \frac{d}{L} = 0,597$$

V případě Slatinného potoka vyšla hodnota $K_c = 0,597$. Výsledná hodnota se blíží více k jedné než k nule, proto můžeme usuzovat, že se jedná spíše o přímý tok bez větších zákrutů, což nám potvrzuje je obrázek č. 12.

- *Hustota říční* (r) sítě je výsledkem působení mnoha faktorů. Říční síť bývá hustěji uspořádána v humidních oblastech, v morfologicky starších oblastech, dále záleží i na propustnosti hornin, kdy v oblastech s propustnějšími horninami bývá hustota sítě naopak menší (Chábera, Kössl, 1999). Hodnota r vyjadřuje podíl úhrnné délky toků ($\sum L$) povodí a celkové plochy povodí (F) (Netopil, 1984).

$$r = \frac{\sum L}{F} = 1,3 \text{ km/km}^2$$

V tabulce č. 2 jsou pro srovnání uvedeny základní charakteristiky povodí Slatinného potoka a Rolavy. Povodí Rolavy, jehož součástí je i povodí Slatinného potoka, je výrazně protáhlé, s průměrným sklonem 54 ‰. Povodí Slatinného potoka má průměrný sklon necelých 63 ‰, vyšší průměrná hodnota je dána krátkostí toku Slatinného potoka. Hustota říční sítě je vyšší u povodí Rolavy. Výrazně vyšší hodnotu vykazuje koeficient křivolakosti u řeky Rolavy.

Tabulka č. 2: Základní charakteristiky vybraných povodí.

	Slatinný potok	Rolava
Charakteristika povodí	0,312	0,103
Koeficient souměrnosti povodí	0,219	x
Koeficient protáhlosti povodí	0,632	0,237
Gravelliův koeficient	1,599	1,972
Průměrný sklon povodí (‰)	62,97	54,33
Průměrný sklon toku (‰)	18,25	x
Koeficient křivolakosti	0,597	1,439
Hustota říční sítě (km/km ²)	1,3	1,6
Délka toku (km)	9,64	36,64
Plocha povodí (km ²)	17,71	138

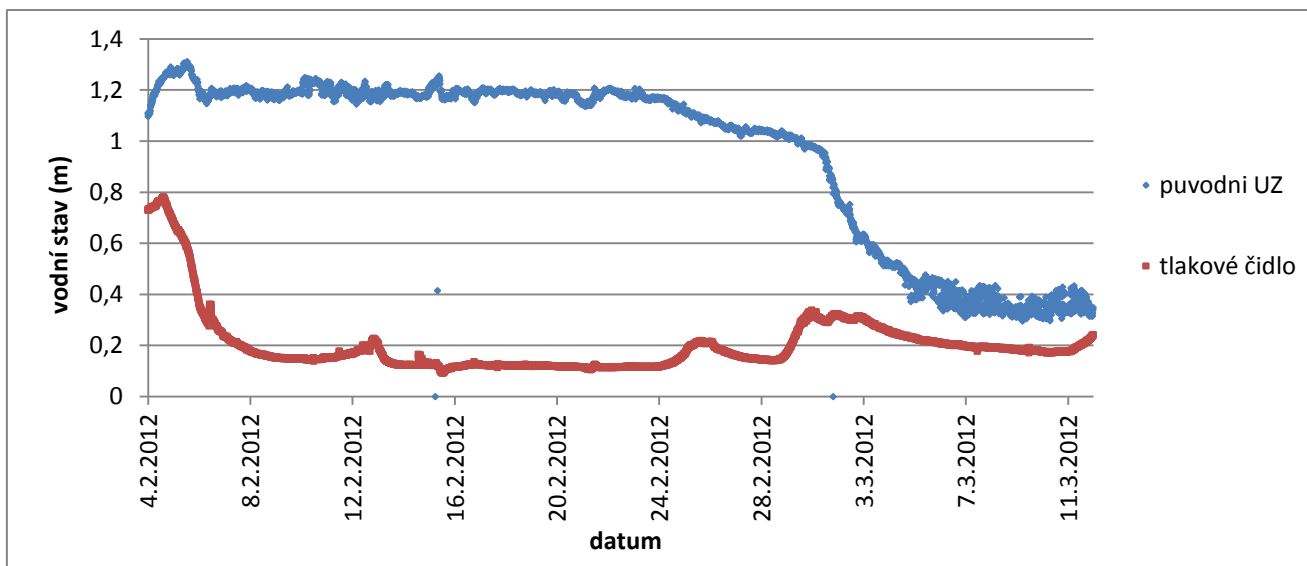
Zdroj: Data KFGG PŘF UK, Ledvinka (2008)

4. Odtokové poměry povodí

V této kapitole jsou vyhodnocována opravená data z experimentálního monitoringu vodních stavů KFGG PŘF UK na Slatinném potoce v Krušných horách. Na základě opravených dat je provedena podrobná charakteristika hydrologického režimu Slatinného potoka za tři hydrologické roky 2010, 2011 a 2012.

4.1. Charakter a korektura datových podkladů

Monitoring vodních stavů byl prováděn pomocí třech různých hladinometrů, viz kapitola 2. Pro vyhodnocení odtokových poměrů byla použita data z původního ultrazvuku a z tlakového čidla. Po porovnání průběhu vodních stavů naměřených původním ultrazvukem a tlakovým čidlem se data naměřená tlakovým čidlem jeví přesnější a vyrovnanější a tudíž i vhodnější pro analýzu. Konsumpční křivka byla zkonstruována z převážné většiny z vodních stavů naměřených ještě původním ultrazvukem, proto bylo potřeba přepočítat vodní stavy naměřené tlakovým čidlem na hodnoty původního ultrazvuku. Doplnění dat bylo nezbytné proto, že data z původního ultrazvuku byla často nevěrohodná a chybná a po odstranění čidla 25. 6. 2012 chyběla úplně. Pro ilustraci byl vybrán jeden příklad evidentního chybného měření původního ultrazvuku (obrázek č. 19). Důvodem tohoto výpadku měření mohla být velmi nízká teplota vzduchu, která se od 3. 2. 2012 pohybovala výrazně pod bodem mrazu, v ranních hodinách dosahovala až -19°C .



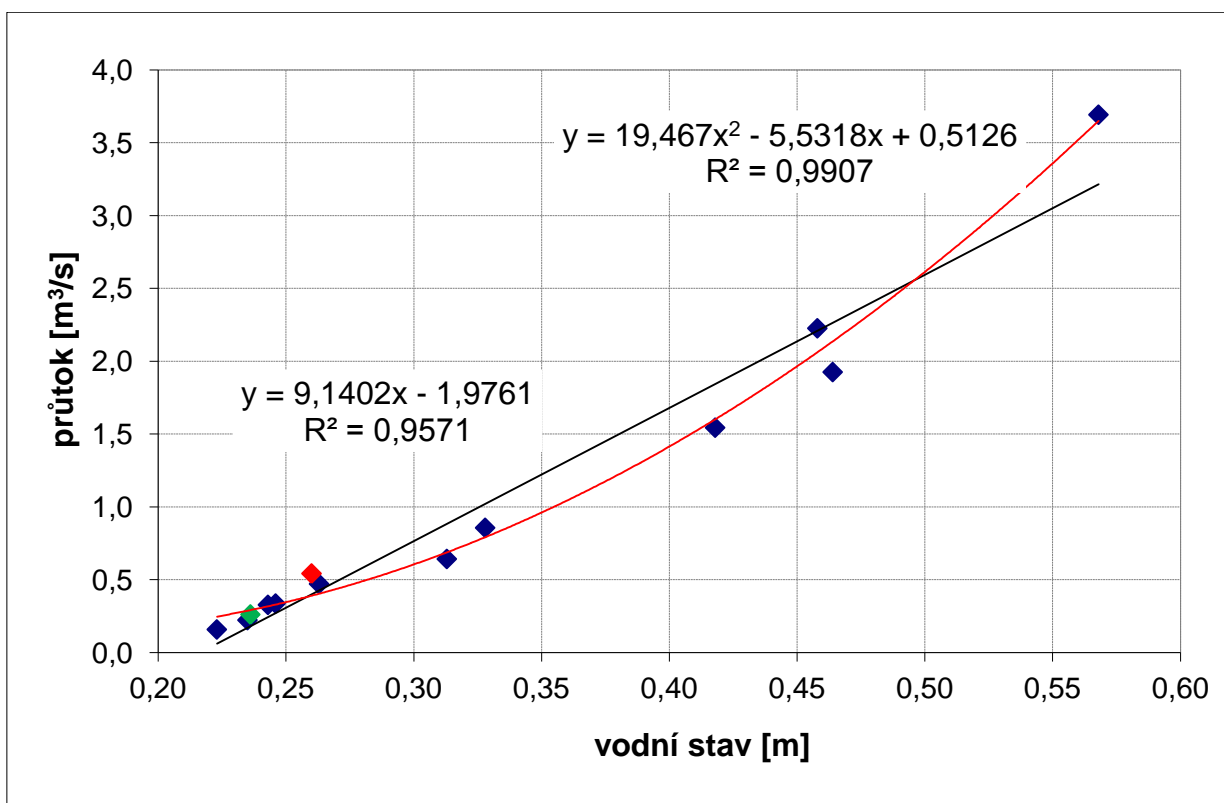
Obrázek č. 19: Úsek chybného měření původního ultrazvuku. Zdroj: data KFGG PřF UK

V časovém úseku, kdy měřila obě čidla současně a správně, byla stanovena průměrná odchylka mezi naměřenými hodnotami vodních stavů. Tato odchylka byla připočtena ke každé hodnotě měření tlakového čidla a tím jsme získali data nahrazující měření původního ultrazvuku. Tento přepoččet byl proveden od 1. 11. 2011 do 31.10 2012.

K analýze odtoku byly použity již upravené datové řady vodních stavů. Z hodnot desetiminutových vodních stavů se vypočítaly průměrné hodinové vodní stavy, z kterých se pak pomocí konsumpční křivky odvodily hodinové průtoky. Z hodinových průtoků byly následně vypočítány průměrné denní průtoky. Konsumpční křivka byla sestrojena na základě 13-ti hydrometrování, prováděné především RNDr. Michalem Jeníčkem Ph.D. a RNDr. Miladou Matouškovou Ph.D. Poslední hydrometrování bylo provedeno autorkou 1. 5. 2013 a na obrázku č. 19 je vyznačeno červenou barvou. Toto měření bylo provedeno za asistence RNDr. Milady Matouškové. Nejprve byla měřena hloubka celého profilu. Měření bylo prováděno v pravidelných úsecích po 20 cm. Pomocí hydrometrické vrtule byla vypočítána rychlost proudění v intervalech po 40 cm. V dílčích profilech hlubších než 30 cm, byla rychlost proudění změřena ve dvou bodech svislice, a to v 80 % a 20 % naměřené hloubky. Průtok Q byl vypočítán ze vztahu $Q = \sum F_i \cdot v_i$, kde F_i je plocha dílčího profilu a v_i rychlost proudění v příslušném dílčím profilu. Stejného postupu bylo využito i pro výpočet průtoků

z hydrometrování 7. 10. 2012, které bylo provedeno RNDr. Miladou Matouškovou Ph.D. (na obrázku č. 20 zobrazeno zelenou barvou).

Naměřenými body se pro zjištění vztahu pro přepočet musela proložit vhodná regresní křivka. Jako nejvěrohodnější se ukázalo proložit měřenými body polynom druhého řádu. Jelikož byla konsumpční křivka sestrojena pouze na základě měření za maximálního vodního stavu 0,568 m, pro vyšší hodnoty vodního stavu byla použita lineární závislost. Při použití polynomu pro vyšší vodní stavy by neúměrně vzrůstaly vypočítané průtoky. Měření jsou prováděna pod mostkem, kde jsou břehy při vyšším vodním stavu kolmé. I z tohoto hlediska je použití lineární závislosti vhodnější. Za vodní stav, od kterého je použito lineární závislosti, byl zvolen vodní stav odpovídající průsečíku polynomické a lineární závislosti.



Obrázek č. 20: Konsumpční křivka. Zdroj: Měření KFGG PřF UK

4.2. Režim denních průtoků a míra jejich rozkolísanosti

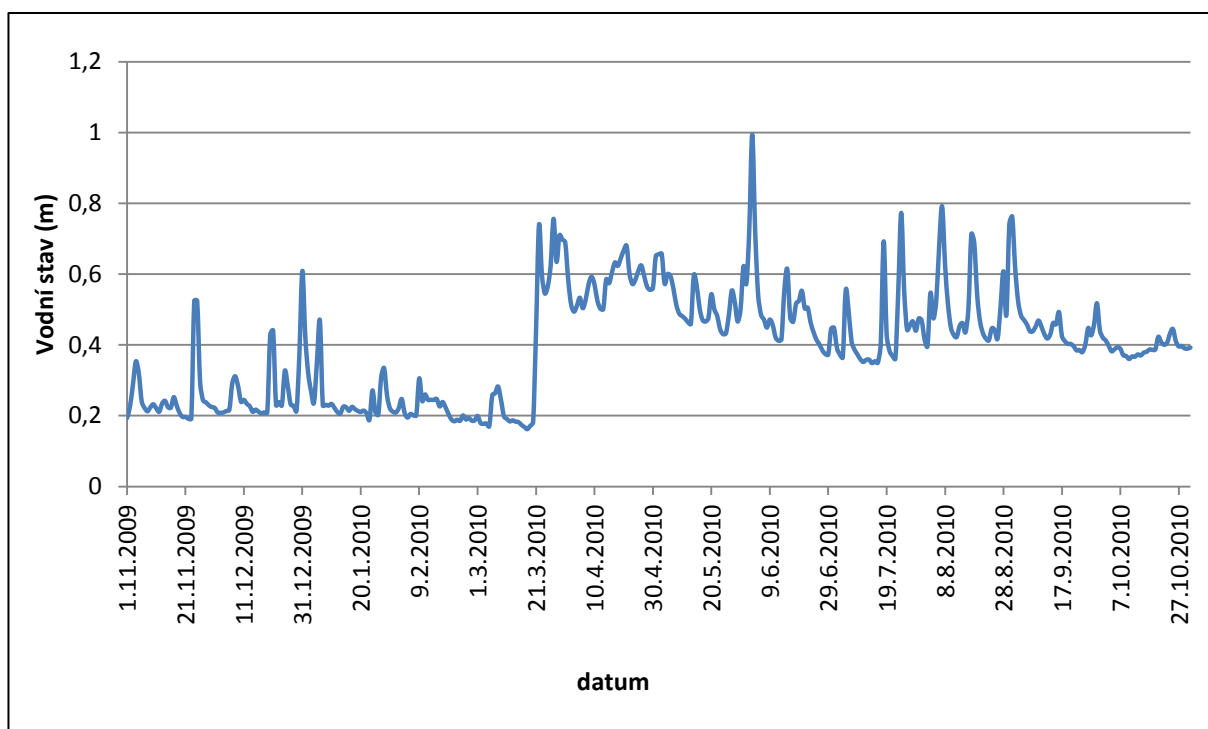
Základní statistické ukazatele průměrných denních vodních stavů za jednotlivé hydrologické roky jsou uvedeny v tabulce č. 3. Hydromodul, tj. rozpětí mezi maximální a minimální hodnotou průměrného denního vodního stavu, bylo největší v hydrologickém roce 2010 a to 0,832 m. Rozpětí v hydrologickém roce 2012 bylo pouze 0,311 m. Maximální vodní stav v hydrologických letech 2010 a 2011 byl velice podobný, dosahoval téměř jednoho metru, zatímco v roce 2012 dosahoval maximální naměřený vodní stav jen necelých 60 cm. Již z těchto základních statistických ukazatelů je zřejmé, že hydrologický rok 2012 byl výrazně vyrovnanější než roky předešlé.

Tabulka č. 3: Základní statistické charakteristiky variability odtoku.

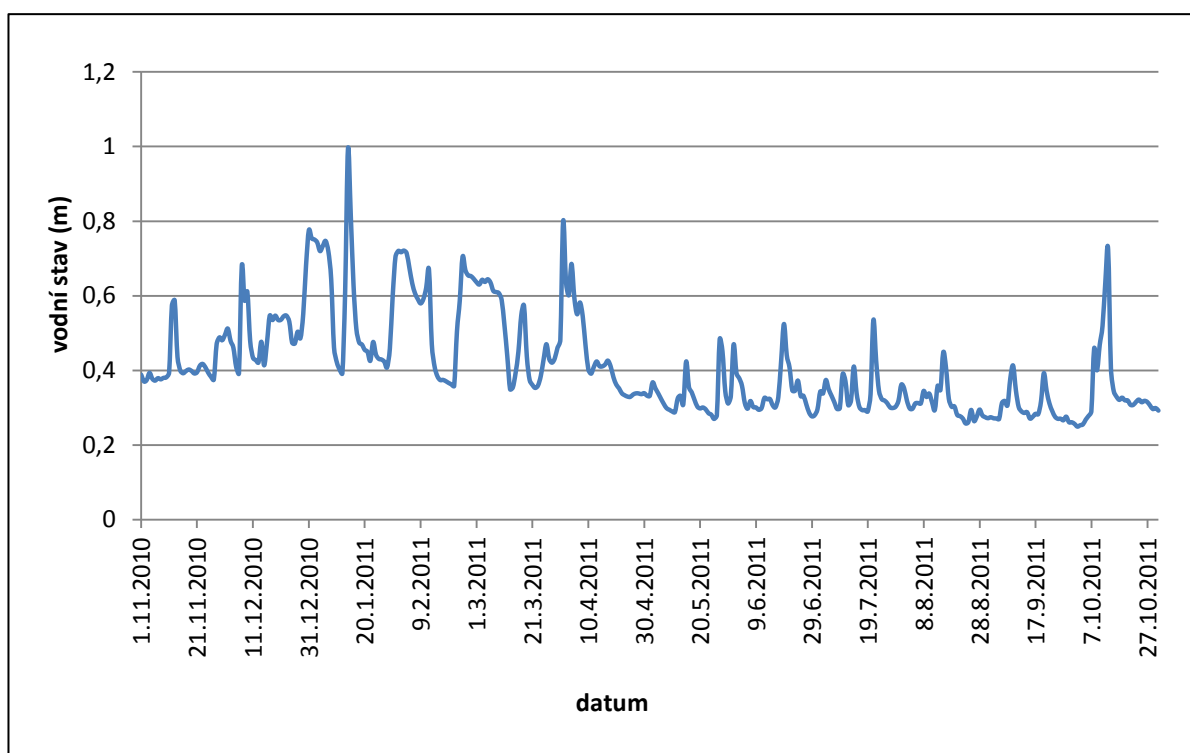
Statistický ukazatel (m)	2010	2011	2012
max	0,994	0,993	0,591
min	0,162	0,249	0,280
rozpětí	0,832	0,744	0,311
průměr	0,396	0,413	0,359
medián	0,565	0,372	0,387
směrodatná odchylka	0,155	0,132	0,062

Zdroj: Data KFGG PřF UK

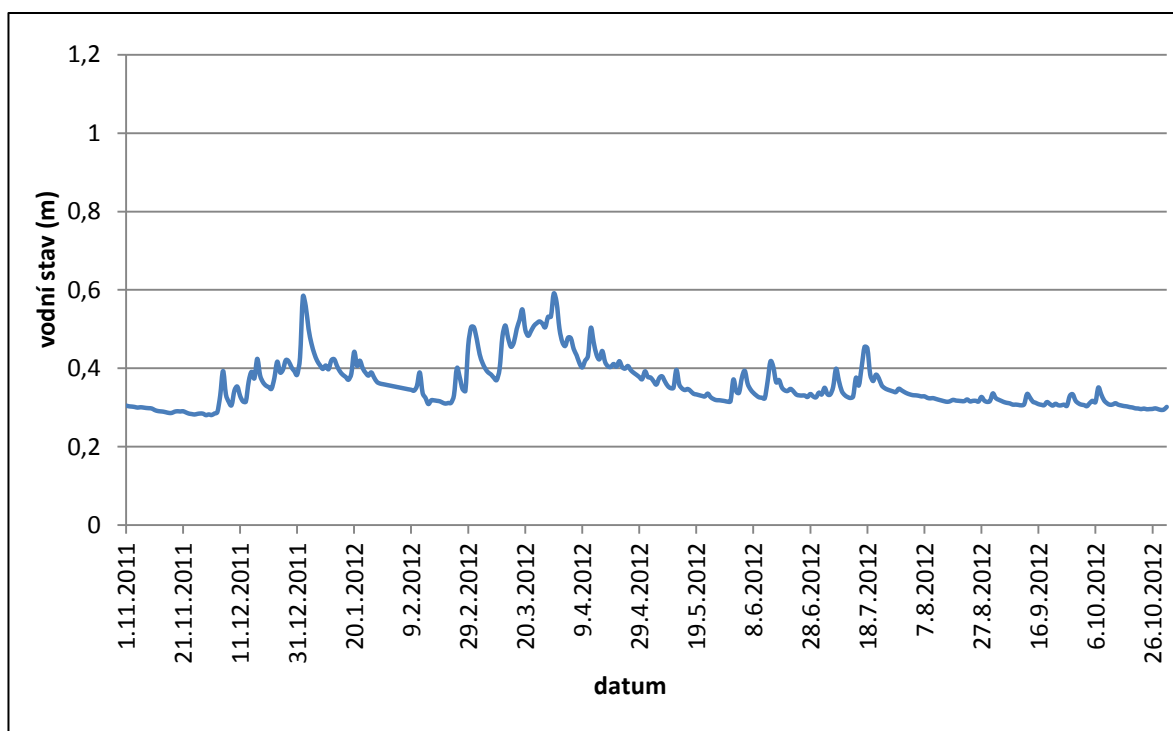
V grafech na obrázcích č. 21, 22 a 23 jsou znázorněny průměrné denní vodní stavy a jejich průběh během celého hydrologického roku. V roce 2010 je velice nápadné zvýšení hladiny v březnu. Tento nárůst začal již 16. 3. 2010, kdy se teplota vzduchu dostala nad 0°C a sníh začal pomalu odtávat. Od 18. 3. 2010 se pohybovala teplota vzduchu přes den nad 10°C. 20. 3. 2010 se k intenzivnímu tání přidaly i nepříliš intenzivní dešťové srážky. Maximální vodní stav v hydrologickém roce 2011 byl dosažen 14. 1. 2011, a to skoro jeden m. Tento nárůst byl způsoben srážkami zaznamenanými 12. 1. 2011, ale především pak 13. 1. 2011, kdy meteorologická stanice Hřebečná zaznamenala denní úhrn srážek 17,8 mm.



Obrázek č. 21: Průměrné denní vodní stavy za hydrologický rok 2010. Zdroj: Data KFGG PřF UK

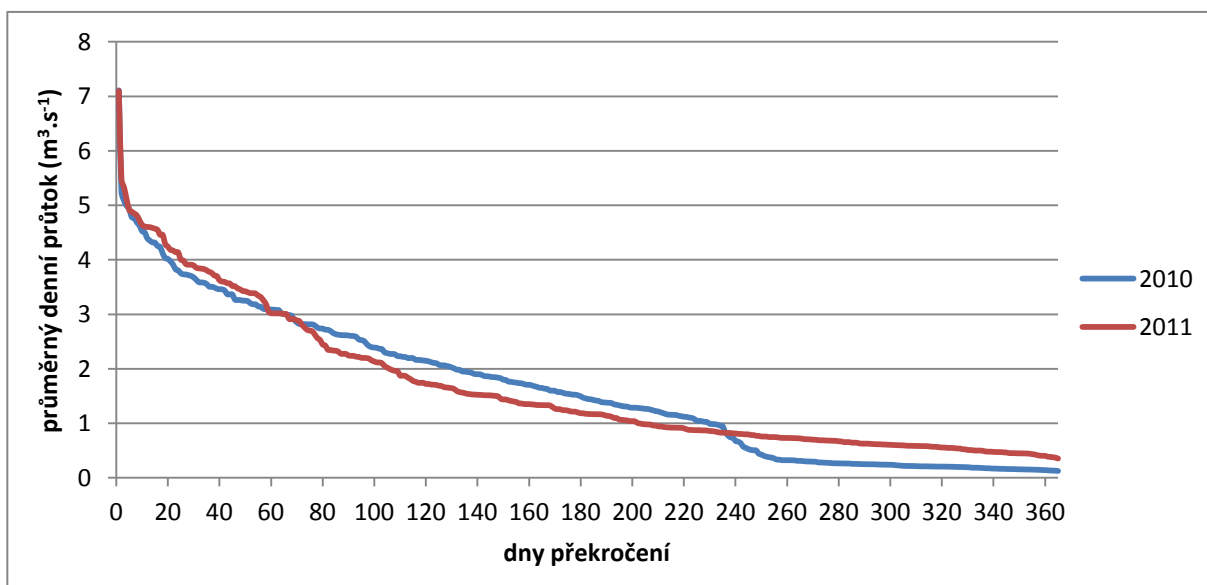


Obrázek č. 22: Průměrné denní vodní stavy za hydrologický rok 2011. Zdroj: Data KFGG PřF UK

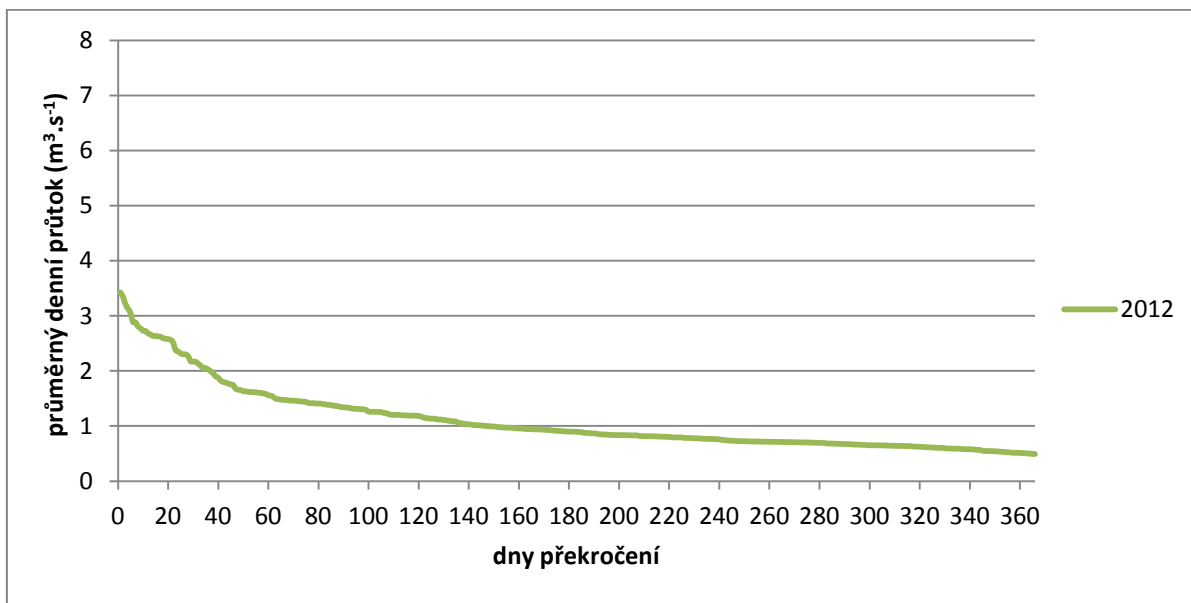


Obrázek č. 23: Průměrné denní vodní stavy za hydrologický rok 2012. Zdroj: Data KFGG PřF UK

- Rozkolísanost denních průtoků můžeme znázornit pomocí čar překročení (histogramů kumulovaných četností). Proměnlivost denních průtoků vyjadřuje jejich tvar. Čára překročení nám podává informaci, kolikrát za daný hydrologický rok byla dosažena nebo překročena určitá hodnota průtoku. Překročení se vyjadřuje počtem dní v roce pro jednotlivé roky. Absolutní hodnoty překročení jsou označovány jako m-denní průtoky (Searcy, 1959).



Obrázek č. 24: Čára překročení průměrných denních průtoků pro hydrologické roky 2010 a 2011. Zdroj: Data KFGG PřF UK



Obrázek č. 25: Čára překročení průměrných denních průtoků pro hydrologický rok 2012.
Zdroj: Data KFGG PřF UK

Z tvarů čar překročení je zřejmý vyrovnanější průběh průtoků v roce 2012, než v letech 2010 i 2011. Dále nám čáry překročení a tabulky m-denních průtoků podávají informaci, kolik dní v roce byla dosažena nebo překročena určitá hodnota průtoků. V roce 2010 byl po 90 dní průtok větší než $2,614 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a v roce 2011 byl 90 – denní průtok $2,246 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Z tabulek m-denních průtoků je vidět, že v roce 2012 bylo pouze 30 dní s průtokem větším než $2,170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, zatímco v roce 2010 byla hodnota průtoků $2,150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ překročena ve 120 dnech. V hydrologickém roce 2010 byl 30 - denní průtok $3,679 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a v roce 2011 byl roven hodnot $3,898 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší 330 – denní průtok byl zaznamenán v hydrologickém roce 2012 a to $0,598 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, v roce 2011 $0,511 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a v hydrologickém roce 2010 jen $0,197 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V hydrologickém roce 2010 byl velice nápadný skok mezi 270 – denním a 240 – denním průtokem. Tento skok je zřetelný i na obrázku č. 21 a č. 24.

Tabulka č. 4: M-denní průtoky pro hydrologické roky 2010, 2011 a 2012.

Q _m 2010	Průtok (m ³ .s ⁻¹)	Q _m 2011	Průtok (m ³ .s ⁻¹)	Q _m 2012	Průtok (m ³ .s ⁻¹)
Q ₃₀	3,679	Q ₃₀	3,898	Q ₃₀	2,170
Q ₆₀	3,090	Q ₆₀	3,021	Q ₆₀	1,558
Q ₉₀	2,614	Q ₉₀	2,246	Q ₉₀	1,342
Q ₁₂₀	2,150	Q ₁₂₀	1,724	Q ₁₂₀	1,183
Q ₁₅₀	1,801	Q ₁₅₀	1,438	Q ₁₅₀	0,992
Q ₁₈₀	1,497	Q ₁₈₀	1,185	Q ₁₈₀	0,901
Q ₂₁₀	1,219	Q ₂₁₀	0,945	Q ₂₁₀	0,818
Q ₂₄₀	0,679	Q ₂₄₀	0,814	Q ₂₄₀	0,760
Q ₂₇₀	0,299	Q ₂₇₀	0,699	Q ₂₇₀	0,708
Q ₃₀₀	0,241	Q ₃₀₀	0,605	Q ₃₀₀	0,652
Q ₃₃₀	0,197	Q ₃₃₀	0,511	Q ₃₃₀	0,598
Q ₃₆₀	0,144	Q ₃₆₀	0,402	Q ₃₆₀	0,512

Zdroj: Data KFGG PŘF UK

- Čáry překročení nám podávají informaci o rozdílné míře rozkolísanosti vodních průtoků srovnávaných hydrologických let pouze svým tvarem. Pro získání číselné hodnoty rozkolísanosti se dále počítají vhodné statistické míry variability, které mohou jedinou číselnou hodnotou vystihnout proměnlivost řek. Jednou z těchto statistickým měr je *decilová odchylka*. Decilová odchylka se určí jako průměr odchylek jednotlivých sousedních decilů (Netopil, 1984).

$$D = \frac{(Q_{30} - Q_{330})}{10}$$

Výsledná hodnota nám umožňuje porovnat rozkolísanost či vyrovnanost jednotlivých hydrologických let v rámci jednoho povodí. Vyšší výsledná hodnota vyjadřuje větší variabilitu.

- Protože decilová odchylka udává pouze absolutní rozpětí, ve kterém se pohybuje asi jen 85% členů řady, pro možnost srovnání toků různých vodností je třeba použít *relativní variaci*. Tu vypočítáme, jako podíl decilové odchylky (D) a průměrného průtoku (Q_a) (Netopil, 1984).

$$V = \frac{D}{Q_a}$$

- Jak již bylo zmíněno, decilová odchylka se používá pouze pro vzájemné porovnání variability v rámci jednoho povodí, nejvhodnější mírou variace je proto *variační koeficient*, který bere zřetel na rozdílnou průměrnou vodnost řek. (Netopil, 1984).

$$Cv = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{d=1}^n (Q_d - Q_a)^2}{n}}}{Q_a}$$

- *Richards – Baker Flashiness index (R – B index)* je ukazatel, který vyjadřuje míru frekvence a rychlosti krátkodobých změn průtoku, a to zejména během extrémních událostí. R – B Flashiness index za sledované období se vypočítá jako podíl součtu absolutních hodnot rozdílů po sobě následujících denních průtoků a součtu všech denních průtoků. Jedná se o bezrozměrnou veličinu nabývající hodnot od 0 do 2. Při absolutně vyrovnaném průtoku je výsledná hodnota rovna 0, pro vyšší rozkolísanost toku vychází vyšší hodnota indexu. Vyjadřuje průměrnou relativní změnu průtoku za časový interval. Pro detailnější analýzy je výhodné použít hodinové průtoky (Baker, 2004).

$$R - B \text{ index} = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{i-1}|}{\sum_{i=1}^n q_i}$$

Vypočítané hodnoty všech výše definovaných statistických měr vyrovnanosti a rozkolísanosti toku jsou uvedeny v tabulce č. 5. Hodnoty opět vypovídají o velice podobné vyrovnanosti odtoku v letech 2010 a 2011 a naopak výrazně rozdílné v roce 2012. V roce 2012 vykazovaly všechny čtyři vypočítané míry variability mnohem nižší hodnoty, tudíž můžeme usoudit, že tento rok byl ze zkoumaných hydrologických let výrazně nejvyrovnanější. Tento trend nám potvrzují i tvary čar překročení a tabulka základních statistických ukazatelů. Větší vyrovnanost hydrologického roku 2012 může být způsobena přepočtem hodnot z

tlakového čidla, které, jak již bylo uvedeno v kapitole 4, nezaznamenává takové výkyvy vodních stavů jako ultrazvuk.

Tabulka č. 5: Výsledné hodnoty decilové odchylky, relativní variace, variačního koeficientu a R-B indexu

	2010	2011	2012
Decilová odchylka ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,348	0,339	0,157
Relativní variace	0,212	0,205	0,142
Variační koeficient	0,811	0,766	0,537
R – B index	0,220	0,196	0,109

Zdroj: Data KFGG PŘF UK

4.3. Režim měsíčních průtoků

Hydrologický režim můžeme dále charakterizovat pomocí průměrných měsíčních průtoků nebo průměrných průtoků za jednotlivá roční období. Průměrné měsíční průtoky za hydrologické roky 2010, 2011 a 2012 jsou znázorněny v tabulce č 6.

Tabulka č. 6: Tabulka průměrných měsíčních průtoků za hydrologické roky 2010, 2011 a 2012

Hydrologický rok 2010	
měsíc	průměrný měsíční průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
listopad	0,480
prosinec	0,540
leden	0,434
únor	0,245
březen	1,486
duben	3,267
květen	2,758
červen	2,527
červenec	1,830
srpen	2,698
září	1,924
říjen	1,349

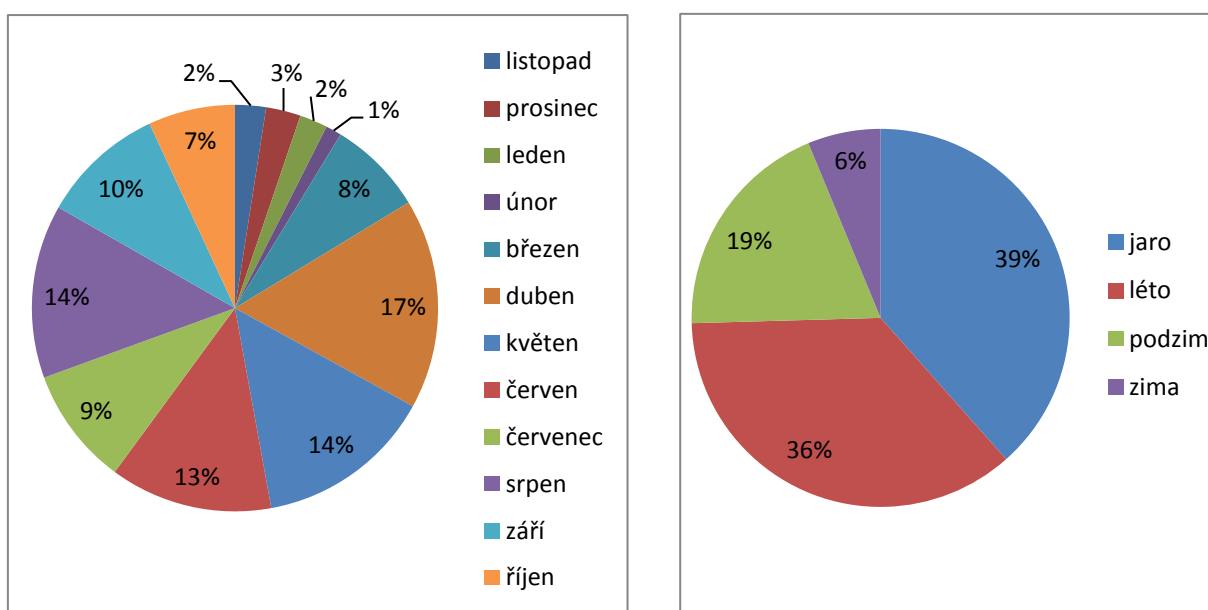
Hydrologický rok 2011	
měsíc	průměrný měsíční průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
listopad	1,567
prosinec	2,673
leden	3,138
únor	3,072
březen	2,401
duben	1,894
květen	0,845
červen	0,978
červenec	0,906
srpen	0,711
září	0,637
říjen	1,072

Hydrologický rok 2012	
měsíc	průměrný měsíční průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
listopad	0,555
prosinec	1,078
leden	1,575
únor	0,938
březen	2,323
duben	1,713
květen	0,942
červen	0,965
červenec	1,057
srpen	0,751
září	0,691
říjen	0,644

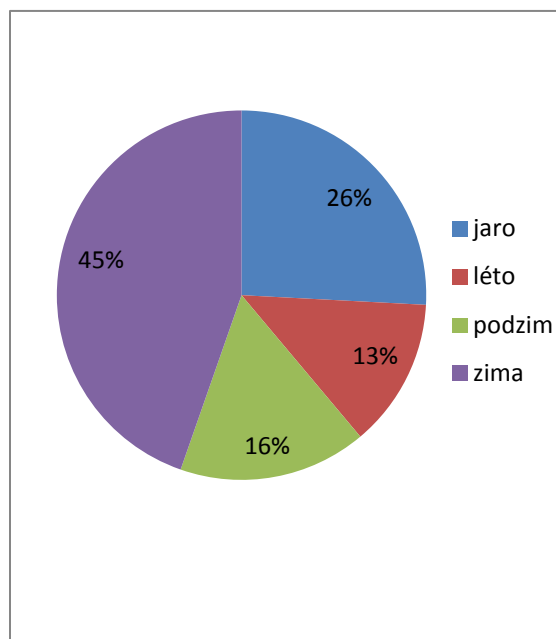
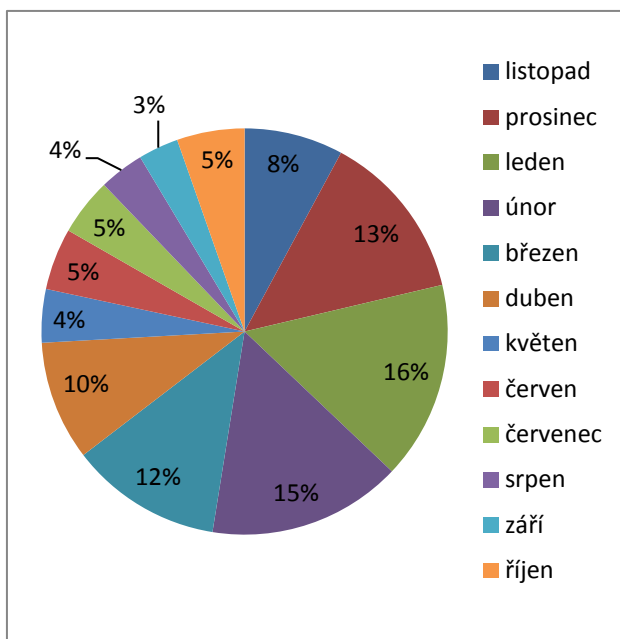
Zdroj: Data KFGG PŘF UK

Na základě tabulky č. 6 byly sestaveny grafy znázorňující procentuální podíl rozložení odtoku v jednotlivých měsících a ročních obdobích (obrázek č. 26, 27 a 28). Průměrné měsíční průtoky všech tří hydrologických let jsou znázorněny v grafu na obrázku č. 29.

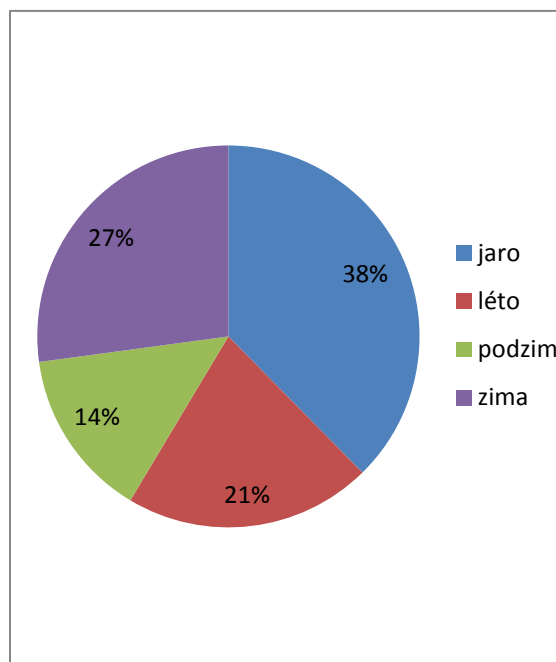
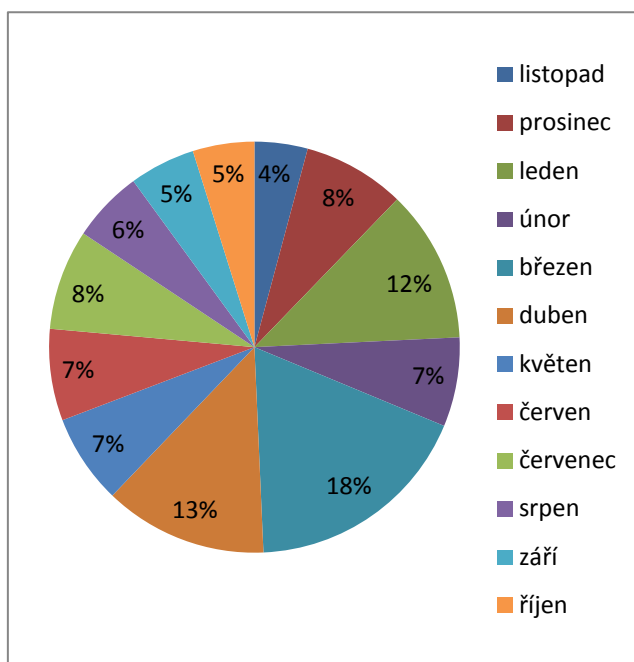
Přestože míry variability a vyrovnanosti hydrologických let 2010 a 2011 byly velmi podobné, grafy znázorňující procentuální rozložení průměrných měsíčních průtoků dokazují, že rozložení odtoku bylo v těchto letech značně rozdílné. V roce 2010 byl největší podíl odtoku zaznamenán v březnu. Byl způsobený táním sněhu a množstvím srážek a nejnižší v zimních měsících (prosinec, leden únor). Naopak v roce 2011 zaznamenaly právě zimní měsíce největší podíl odtoku a to celkem 47%. V hydrologickém roce 2012 byly nejvyšší průtoky na jaře, stejně jako v roce 2010. Na podzim byl u všech zkoumaných let relativně nízký odtok.



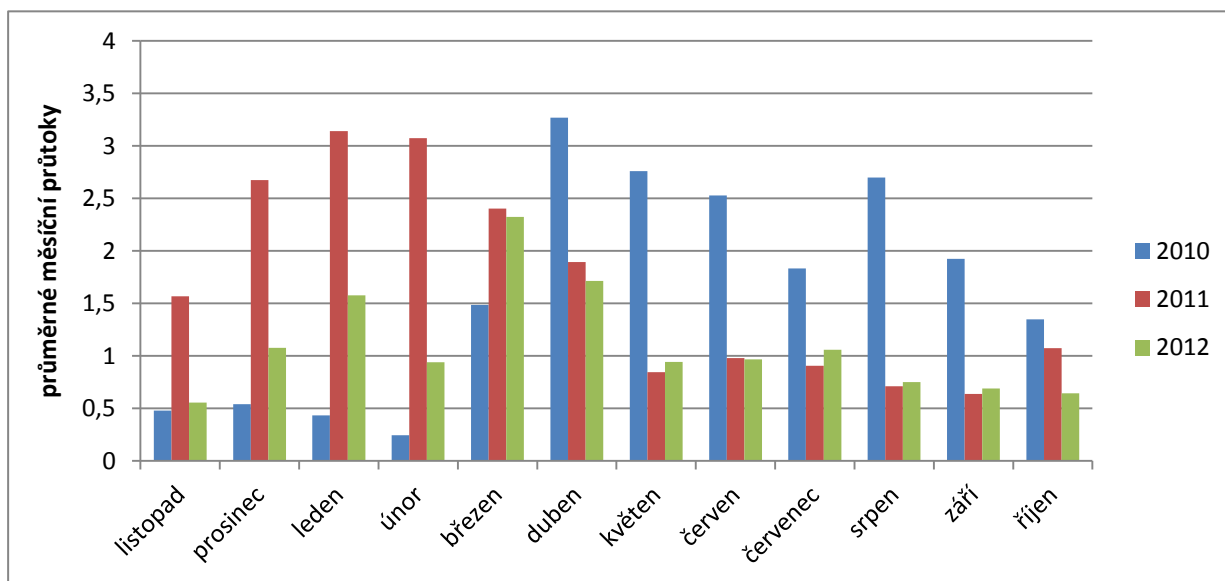
Obrázek č. 26: Podíl jednotlivých měsíců a ročních období na odtok v hydrologickém roce 2010.
Zdroj: Data KFGG PíF UK



Obrázek č. 27: Podíl jednotlivých měsíců a ročních období na odtok v hydrologickém roce 2011.
Zdroj: Data KFGG PŘF UK



Obrázek č. 28: Podíl jednotlivých měsíců a ročních období na odtok v hydrologickém roce 2012.
Zdroj: Data KFGG PŘF UK



Obrázek č. 29: Průměrné měsíční vodní průtoky za hydrologické roky 2010, 2011 a 2012.
Zdroj: Data KFGG PŘF UK

- Pro možnost srovnávání řek rozdílné vodnosti je třeba vyjádřit míru nevyrovnanosti ročního rozložení odtoku jediným číselným koeficientem například koeficientem K_r . Koeficient K_r může nabývat hodnot od 0 (při ideálně vyrovnaném odtoku) do 22, kdy celoroční množství odteče za jediný měsíc (Suda, Herber, 2003).

$$K_r = \frac{\sum |p_i - 8,3|}{8,3}$$

Výsledné hodnoty koeficientu K_r jsou znázorněny v tabulce. Opět se potvrzuje, že rok 2012 byl o něco vyrovnanější než předešlé hydrologické roky. Podle výsledných hodnot, však můžeme usuzovat, že se jedná o tok s mírně nevyrovnaným odtokem. Protože je Slatinný potok krátký, horský tok, výsledná nevyrovnanost odtoku se očekávala.

Tabulka č. 7: Hodnoty koeficientu K_r

	2010	2011	2012
K_r	6,456	5,912	4,170

- Stejně jako pro zjištění variability průměrných denních průtoků se dá *variační koeficient* využít i pro měsíční hodnoty.

$$Cv = \frac{\sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_m - Q_a)^2}{n}}}{Q_a}$$

Výsledné hodnoty variačního koeficientu (tabulka č. 8) opět ukazují na vyrovnanější průtok v hydrologickém roce 2012.

Tabulka č. 8: Výsledné hodnoty variačního koeficientu

	2010	2011	2012
Variační koeficient	0,611	0,548	0,449

4.4. Roční režim průtoků

Protože pro hodnocení ročních průtoků je třeba mnohem delší časová řada, než pouhé tři hydrologické roky, jsou následující míry uvedeny pouze orientačně. Mají jen velmi malou vypovídající schopnost.

Roční průtoky (Q_r) se mění především v závislosti na velikosti podílu hlavního zdroje vodnosti. V České republice jsou hlavním zdrojem napájení řek množství srážek spadlých na povodí. Výrazně ovlivnit velikost ročního průtoku může také množství sněhové pokrývky, která na jaře začne odtékat (Netopil, 1984).

- Míra vodnosti řek jednotlivých hydrologických let se dá určit jako poměr ročních průtoků a dlouhodobého průměrného průtoku. V případě Slatinného potoka je dlouhodobý průměrný průtok počítán pouze z dat, které jsou k dispozici a tedy pouze za 3 hydrologické roky. Tento ukazatel nám

umožňuje srovnání pouze roční vodnosti v rámci jednoho povodí, nikoli srovnání řek s odlišnou celkovou vodností (Netopil, 1984).

$$\frac{Q_r}{Q_a} * 100 \%$$

Výsledky jsou zaznamenány v následující tabulce č. 9. Dlouhodobý průměrný průtok Slatinného potoka je 1,463 m³.s⁻¹. Průměrný průtok v hydrologickém roce 2010 byl 1,634 m³.s⁻¹, v roce 2011 1,650 m³.s⁻¹ a nejnižší byl v hydrologickém roce 2012 a to 1,105 m³.s⁻¹. Z výsledků je patrné, že vodnosti hydrologických let 2010 a 2011 byly mírně nadprůměrné a vodnost v hydrologickém roce 2012 podprůměrná.

Tabulka č. 9: Vodnost v % hydrologických let 2010, 2011 a 2012

2010	2011	2012
111,69	112,78	75,53

- Pro hodnocení ročních průtoků se dále mohou vypočítat pravděpodobnosti překročení. Pravděpodobnost překročení je vyjádřena v procentech, na jejím základě se pomocí tabulky určují vodnosti jednotlivých hydrologických let (Netopil, 1984).

$$p \% = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} * 100$$

Tabulka č. 10: Klasifikace vodnosti dle procenta pravděpodobnosti překročení

p (%)	Slovní	Symbolické
	označení míry roční vodnosti řeky	
0 - 10	mimořádně vodný rok	MV
11 - 40	vodný rok	V
41 - 60	průměrně vodný rok	P
61 - 90	málo vodný rok	S
91 - 100	mimořádně málo vodný rok	MS

Zdroj: Netopil (1984)

Na základě tabulky s výslednými hodnotami můžeme opět konstatovat, že nejvíce vodným rokem byl rok 2010. Rok 2011 byl průměrně vodný a rok 2012 byl málo vodný.

Tabulka č. 11: Výsledky vodnosti dle pravděpodobnosti překročení

rok	Průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	%	vodnost
2010	1,808	20,59	V
2011	0,413	50,00	P
2012	0,359	79,41	S

5. Variabilita a dynamika odtokového procesu s ohledem na hydrologické extrémy

Ke kolísání vodní hladiny a průtoků patří také extrémní hodnoty, a to jak maximální tak i minimální. Maximální a minimální průtoky patří mezi nejdůležitější charakteristiky hydrologického režimu, které mají mimo jiné i významnou roli při výstavbách vodních děl (Kemel, 2000). V případě tak malého potoka jako je Slatinný potok, není výstavba zcela běžná, avšak poznání reakce toku za průtokově extrémní situace je pro další studie rozhodně přínosné.

5.1. Období minimálních průtoků

Období malých vodností nastává v době dlouhodobého snížení povrchového odtoku díky úbytku a úplné absenci dešťových srážek, kdy se začínají vyčerpávat zásoby podzemních vod. Malé vodní průtoky jsou tím nižší, čím déle trvá období sucha a čím menší byly zásoby podzemní vody na počátku daného období sucha (Kemel, 2000). Názorů ohledně určení tzv. horní hranice, do které je ještě průtok označován a hodnocen za nízký, je celá řada a pro různé zeměpisné šířky se mohou lišit. Například Smakhtin uvádí ve své práci možnosti určení této hranice hodnotou průměrného ročního průtoku nebo hodnotou mediánu roční časové řady, kterou autor považuje za vhodnější (Smakhtin, 2011, cit v Kalkus, 2011). V České republice se za horní hranici, kdy je průtok hodnocen ještě jako nízký, používají hodnoty průtoků, které jsou menší než alespoň 355 denních průtoků v roce. Termín sucho je v rámci české republiky definován jako období, po které alespoň tři po sobě následující dny dosahuje průměrný průtok hodnoty Q_{355} nebo je menší (Němec, Hladný, 2006).

Pro povodí Slatinného potoka je typický výskyt rozsáhlých rašelinišť a vřesovišť a tím je i výrazně ovlivněn odtok v suchých obdobích. Výskyt organozemí výrazně podporuje rozkolísanost průtoků v tocích, které jednotlivá vrchoviště odvodňují. V obdobích s nízkou hladinou podzemní vody ve vrchovišti představuje jejich existence v povodí značný retenční potenciál krajiny. Při průměrné hladině podzemní vody však vytváří vrchoviště naopak plochu s nejmenší retenční schopností (Vlček a kol., 2012). Slatinný potok je horský tok,

kde se období sucha příliš nevyskytují. V obdobích bez deště je Slatinný potok zásobován podzemní vodou.

5.1.1. Období nízkých průtoků

Období s nízkými průtoky se na Slatinném potoce v jednotlivých zkoumaných hydrologických letech liší. Nejnižší měsíční průtoky byly zaznamenány začátkem hydrologického roku 2010 a to především v únoru a v lednu, kdy byl i v tomto roce zaznamenán nejnižší měsíční úhrn srážek i nejnižší průměrné měsíční teploty.

Největší a nejdelší období sucha bylo na Slatinném potoce, během zkoumaných hydrologických let, zaznamenáno na přelomu hydrologických let 2011 a 2012. Od 12. 10. 2011 do 1. 12. 2011 nebyl zaznamenán prakticky žádný velký úhrn srážek. Celkový úhrn srážek během těchto 52 dní byl pouze 14 mm a průměrný průtok $0,765 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

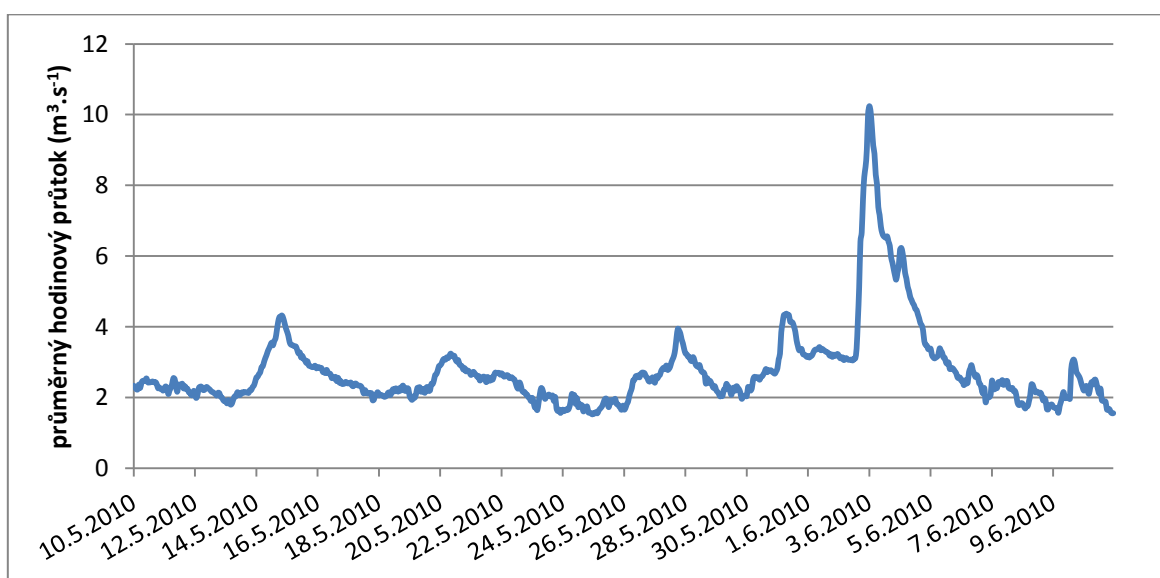
5.2. Období maximálních průtoků

Zvýšení vodní hladiny je často způsobeno silným či dlouhodobým deštěm, táním sněhu nebo ucpáním říčního koryta. Velikost odtoku záleží především na stavu a vlastnostech povodí. Pokud například silný intenzivní déšť třeba jen krátkého trvání zasáhne malé povodí, záleží na stavu povodí a jednotlivých faktorů, jak bude povodí na tuto situaci reagovat (Kemel, 2000). Na malém povodí s příkrými svahy, odlesněnou plochou a vodou již nasycenou půdou z předchozí srážkové epizody, bude odtok rychlejší a růst hladiny, respektive průtoku, bude výraznější než z povodí, které je vyprahlé a navíc pokryté hustou vegetací. Výskyt vysokých průtoků je ovlivněn zejména klimatickými, fyzicko-geografickými a vegetačními podmínkami, na rozdíl od nízkých průtoků, které jsou více ovlivněny geologickými podmínkami (Searcy, 1959).

Pro hodnocení vývoje maximálních průtoků na Slatinném potoce byla z každého hydrologického roku vybrána jedna extrémní situace vysokého průtoku.

5.2.1. Průběh situace 10. 5. 2010 – 10. 6. 2010

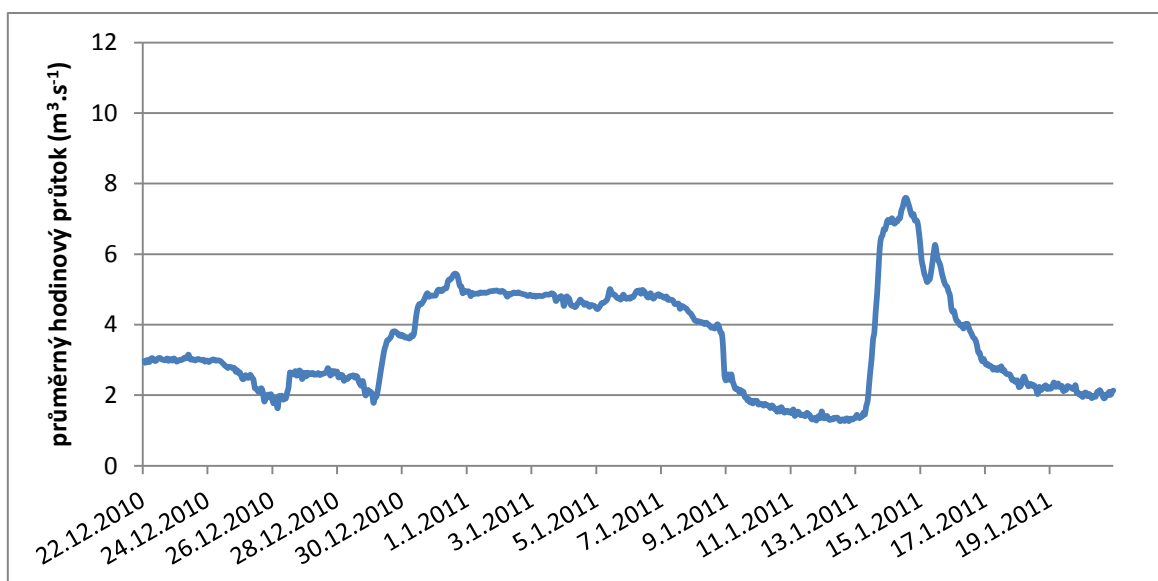
V hydrologickém roce 2010 dosáhl Slatinný potok maximálního průtoku 3. 6. 2010 krátce po půlnoci. Průtok v tento čas dosáhl hodnoty $10,241 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Celá situace je zaznamenána na obrázku č. 29. Tento graf byl pro větší podrobnost sestaven na základě průměrných hodinových průtoků a je zde zaznamenán průběh od 10. 5. 2010 do 10. 6. 2010. Na meteorologické stanici Hřebečná byly zaznamenány 25. 5. pouze velmi slabé srážky, stejně tak i 26. 5. O něco větší úhrn srážek byl zaznamenán 27. 5., který se již projevil i na velikosti průtoku (obr. č. 30). Druhý nárůst průtoku nastal 31. 5. v 7:00 hodin, kdy byl průtok $4,363 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento vzestup hladiny a průtoku byl způsoben srážkami především z 30. 5. Během tohoto dne spadlo celkem 18,5 mm srážek. Po tomto nárůstu klesl průtok na hodnoty kolem $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a to až do 2. 6. 2010, kdy nastal prudký růst průtoku až na maximální hodnotu $10,241 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Takto vysoký průtok způsobily srážky z 1. 6. 2010, kdy napadlo 16,1 mm srážek a dne 2. 6., kdy spadlo celkem 23,3 mm. Takto vysoké srážky spolu s již vodou nasycenou půdou z předchozích dešťů způsobily rychlý a výrazný nárůst průtoku. Po kulminaci se postupně během dvou dnů vrátil průtok opět na hodnoty kolem $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obrázek č. 30: Průběh situace 10. 5. 2010 – 10. 6. 2010. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

5.2.2. Průběh situace 20. 12. 2010 – 20. 1. 2011

Na rozdíl od hydrologického roku 2010, kdy byl maximální průtok zaznamenán v létě, v roce 2011 nastalo maximum v lednu. Tento na zimní měsíce neobvyklý nárůst byl následkem dlouhodobého zvýšení teploty vzduchu, která se po několik dnů pohybovala nad bodem mrazu a způsobila tak pozvolný úbytek sněhu a tím i nasycenost půdy. Průběh situace je opět dokumentován grafem vývoje hodinových průtoků od 20. 12. 2010 do 25. 1. 2011 (obr. č. 31). Od 20. 12. do 24. 12. se teplota vzduchu pohybovala slabě pod bodem mrazu, občas se dostala i nad 0°C. Tyto teplotní podmínky spolu s občasným, velmi slabým deštěm způsobily velmi slabé a pozvolné tání sněhu. Veškeré tyto zmíněné faktory vedly k velmi konstantnímu průtoku, pohybujícímu se v těchto dnech kolem $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Díky po několik dnů stejným klimatickým podmínkám byl v těchto dnech průtok velmi vyrovnaný. Podobně vyrovnané průtoky byly zaznamenány od 29. 12., kdy přesto, že se teplota pohybovala pod bodem mrazu, došlo k slabému tání sněhu, který dále pokračoval až do 9. 1. 2011. Během těchto dnů se teplota postupně dostala až ke 2°C. Tento průběh teplot opět zapříčinil pozvolné tání sněhu a velmi vyrovnaný průtok ($5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) v korytě Slatinného potoka. Od 9. 1., kdy byl průměrný denní průtok $2,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a teplota vzduchu se pohybovala kolem 2°C, se začalo postupně ochlazovat a průtok klesl až na hodnotu $1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (5:00, 12. 1. 2011). Absolutní maximum průtoku v hydrologickém roce byl zaznamenán 14. 1. 2011 ve 13 hodin, kdy průtok dosáhl hodnoty $7,59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Prudký vzestup hladiny potoka byl následkem výrazného úhrnu srážek ze dne 13. 1. 2011, kdy od rána napadlo 17,8 mm, a teplota vzduchu vzrostla na 5°C. Ještě 14. 1. byl do 10 hodin ráno zaznamenán úhrn srážek 5 mm. Tyto klimatické podmínky vedly k výraznému odtávání sněhu z povodí a tedy i nárůstu průtoku na maximální hodnotu. 15. 1. začala teplota vzduchu postupně klesat a důsledkem toho bylo postupné snížení vodního průtoku.

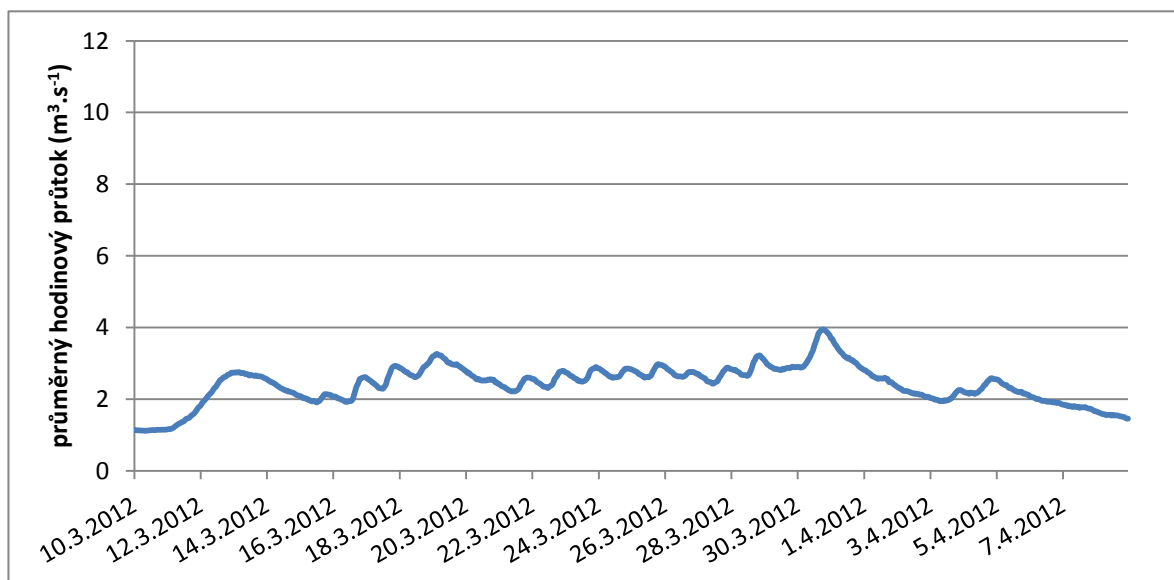


Obrázek č. 31: Průběh situace 22. 12. 2010 – 20. 1. 2011. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

5.2.3. Průběh situace 10. 3. 2012 – 10. 4. 2012

V roce 2012 průtok dosáhl maximální hodnoty 30. 3. 2012 v 18:00 hodin. Maximální průtok v tomto hydrologickém roce byl naměřen pouze 3,948 m³.s⁻¹ a byl následkem dlouhodobého tání sněhu, ke kterému se 29. 3. 2012 přidal intenzivní déšť. K velmi mírnému tání sněhu začalo postupně docházet již od 10. 3., kdy se po 7. hodině ranní dostaly teploty vzduchu mírně nad bod mrazu. K výraznějšímu odtávání sněhu však došlo 12., 13. 3. a začátkem 14. 3. Během těchto dnů se teplota vzduchu pohybovala až kolem 3°C a ze záznamu meteorologické stanice v Hřebečné je vidět již výraznější odtávání. To vedlo k nárůstu průtoku Slatinného potoka na hodnotu 2,754 m³.s⁻¹. Koncem dne 14. 3. a během 15. 3. došlo k postupnému ochlazení až pod bod mrazu, což způsobilo zastavení tání a snížení průtoku na 1,909 m³.s⁻¹. Tento stav však netrval dlouho, opět koncem dne 15. 3. a během 16. 3. došlo k výraznému oteplení až na 16°C. Bohužel od 15 hodin 17. 3. 2012 do 21. 3. 2012 byl na meteorologické stanici Hřebečná zaznamenán výpadek měření teploty vzduchu, ale protože docházelo během těchto dnů k výraznému tání sněhové pokrývky, dá se usuzovat, že byly teploty vysoké, výrazně nad bodem mrazu. Dlouhodobě vysoké teploty vzduchu, které se přes den pohybovaly nad 10°C, způsobily čím dál intenzivnější tání až do rána 30. 3., kdy, dle dat meteorologické stanice Hřebečná, odtál již veškerý sníh. Díky dlouhodobému tání sněhu se povodí stalo nasycenějším, což vedlo

k postupnému nárůstu vodní hladiny a tudíž i průtoku. Tento nárůst byl umocněn 29. 3 a 30. 3. intenzivním deštěm. Od 14 hodin 29. 3. do 18 hodin 30. 3 byl zaznamenán úhrn srážek přes 20 mm. Tento déšť spolu s předchozím táním sněhu a vodou nasycenou půdou způsobil maximální naměřený průtok hydrologického roku 2012 a to $3,948 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obrázek č. 32: Průběh situace 10. 3. 2012 – 8. 4. 2012. Zdroj: Data KFGG PŘF UK

5.2.4. Hodnoty R – B indexu pro vybrané extrémní situace

V kapitole 4. 2. bylo zmíněno, že pro detailní analýzu extrémních situací je výhodné využít R – B index. Pro vybrané období maximálních průtoků všech zkoumaných hydrologických let byl počítán R - B index z hodinových průtoků. Pro každý rok byl zvolen pětidenní interval obsahující nejvyšší průtok.

Výsledné hodnoty R – B indexu jsou uvedeny v tabulce č.12. Hodnota indexu pro vybraný extrém roku 2010 je nejvyšší, z toho můžeme usuzovat na nejrychlejší změnu průtoku ze zvolených extrémů. Naopak index vypočítaný pro zvolený interval roku 2012 je nejnižší a extrém je tedy v tomto roce nejméně výrazný. Toto hodnocení vybraných vysokých vodních průtoků Stejný trend strmosti vybraných vysokých průtoků je patrný i z grafů č. 31, 32 i 33.

Tabulka č. 12: Výsledné hodnoty R – B indexu.

	R – B index
2010	0,039
2011	0,029
2012	0,011

Zdroj: Data KFGG PřF UK

6. Diskuze

6.1. Diskuze možných chyb a nepřesností

Možné chyby vzniklé již při samotném měření nelze zcela vyloučit. Chyby mohly vzniknout například výpadkem měření při velmi nízkých teplotách (viz kapitola 2.2.). Ke zpracování práce byla použita data vodních stavů ze dvou hladinometrů pracujících na odlišném principu. Pro odvozování průtoků pomocí konsumpční křivky se musely naměřené hodnoty tlakového hladinometru z roku 2012 přepočítat na hodnoty původního ultrazvuku. Bohužel bylo zjištěno, že spolu data naměřená těmito hladinometry přesně nekorelují, proto se pro přepočet nedalo využít lineární regrese. Tento přepočet se tedy provedl přičtením vypočítané průměrné odchylky. Přepočet byl nutný pouze pro rok 2012. Protože hodnoty tlakového čidla, ze kterého se vycházelo, byly výrazně vyrovnanější než hodnoty ultrazvuku, mohl přepočet ovlivnit míru vyrovnanosti a rozkolísanosti celého roku. Tomu nasvědčují i výsledky všech měř variability, které byly v práci počítány. Další nepřesnosti mohly vzniknout během samotného odvozování již upravených vodních stavů na průtoky. Jak je zde uvedeno, odvození se provádělo pomocí konsumpční křivky. Jako nejvhodnější regresní křivka byla zvolena parabola, podle které by však pro vysoké vodní stavy (vyšší než naměřené hodnoty použité pro odvození konsumpční křivky) vycházely nereálné průtoky. Aby se míra chyb co nejvíce snížila, byly vyšší hodnoty vodního stavu přepočítávány pomocí lineární závislosti. Pro odstranění chyb do budoucnosti, by bylo přínosné, kdyby se měření průtoků pro konsumpční křivku provádělo i za vyššího vodního stavu. Chybám způsobených měřicími přístroji se dá bohužel jen těžko předejít.

6.2. Diskuze výsledků práce

Slatinný potok pramení v rašelinné oblasti západních Krušných hor. Již v minulosti se předpokládal významný vliv výskytu rašelinišť a vřesovišť na odtok. Přibližně do 60. let 20. století byla všeobecně uznávaná tzv. houbová teorie, která předpokládala, že při vysokých srážkách rašeliniště vodu zadržují a naopak v suchých obdobích tok zásobují vodou a podílejí se tak na vyrovnanosti odtoku. Od 70. let 20. století se však objevují práce, které retenční

schopnost rašelinišť zpochybňují a poukazují naopak na značnou rozkolísanost průtoků u toků odvodňujících rašeliniště (Vlček a kol., 2012). Vyšší variabilitu odtoku v povodích s vyšším podílem organozemí potvrzuje i práce Čurdy, Kocuma a Jánského, v které byla potvrzena na příkladu povodí Vydry silná závislost extremity povodně na podílu plochy povodí, kterou zauímají rašeliniště (Čurda, Jánský, Kocum, 2011). Vliv rašeliniště na variabilitu odtoku potvrzují i výsledky této bakalářské práce.

KFGG PřF UK spravuje v České republice řadu experimentálních povodí, především pak povodí v centrální části Šumavy a Krušných hor. Prací zabývajících se analýzou odtokových režimů je celá řada. Pro porovnání výsledků se nabízí diplomová práce Ondřeje Ledvinky (2008), která se podrobně zabývá trendy srážko-odtokového režimu v povodí Rolavy a bakalářská práce Kateřiny Šedivé (2011), jež charakterizuje srážko-odtokový režim pramenné oblasti Bystřice. Slatinný potok je levostranným přítokem Rolavy, proto je pro porovnání výsledků tato práce vhodná. Stejně tak i práce Šedivé, a to díky tomu, že se v práci věnuje pouze pramenné části Bystřice po Abertamy a tudíž se jedná o území srovnatelné s povodím Slatinného potoka. Bystřice, stejně jako Slatinný potok, pramení v rašelinné oblasti v nadmořské výšce 1 010 m. Jedná se taktéž o horský tok, jehož povodí je však na rozdíl od povodí Slatinného potoka do značné míry odlesněno. V práci Šedivé jsou hodnocena hydrologická data pouze za dva hydrologické roky 2009 a 2010. Stejně jako u Slatinného potoka jsou nejvyšší zaznamenané průtoky v pramenné části Bystřice z jarního tání sněhu větší než z letních úhrnů srážek. Přímo lze porovnat pouze průběh průtoků za hydrologický rok 2010. V tomto roce mají průměrné měsíční průtoky Slatinného potoka a pramenné části Bystřice podobný trend. Pro srovnání výsledků s Rolavou je vhodné použít pouze část povodí po stanici Chaloupky, která reprezentuje část povodí o velikosti 18,74 km². Rolava pramení, stejně jako Slatinný potok, ve výšce 920 m n. m. taktéž v rašelinné oblasti západních Krušných hor. Po stanici Chaloupky je tedy charakter povodí velmi podobný s povodím Slatinného potoka a tím by i podmínky pro odtok měly být relativně stejné. Velmi podobné jsou i sklonitosti a expozice svahů. Jedná se tedy o velmi blízké povodí. Stejně jako v případech

Slatinného potoka či pramenné části Bystřice i horní tok Rolavy zaznamenává největší průtoky během jarních měsíců při tání sněhu.

7. Shrnutí a závěr

Cílem této bakalářské práce bylo obecně charakterizovat fyzicko-geografické poměry experimentálního povodí Slatinného potoka, úprava a homogenizace dat získaných z monitoringu vodních stavů prováděným na Slatinném potoce KFGG PŘF UK a následné zhodnocení těchto dat.

Povodí Slatinného potoka se nachází v západní části Krušných hor na území Přebuzské hornatiny v Karlovarském kraji. Malá část jeho území zasahuje i za hranice České republiky do Spolkové republiky Německo. Slatinný potok pramení v rašelinné oblasti Krušných hor v nadmořské výšce 920 m nedaleko Národní přírodní rezervace Velký močál. Převážná část toku protéká jehličnatými lesy, ale v oblasti bývalé obce Jelení protéká také přírodními loukami. Velká část povodí je pokryta podzoly, významný je výskyt rašelin v pramenné oblasti. Slatinný potok měří 9,64 km a odvodňuje území velké 17,7 km². Jedná se spíše o asymetrické povodí protáhlejšího tvaru s převažující levostrannou částí. V povodí jsou dominantní svahy s teplejší jižní a jihovýchodní orientací.

Povodí Slatinného potoka je malé horské povodí s významnou plochou rašelinišť, u kterého se dá tedy očekávat nevyrovnaný odtok. Nevyrovnanost odtoku je samozřejmě podmíněna i geologickým podložím a reliéfem. V práci bylo vypočítáno několik charakteristik odtokového režimu, jejichž výsledné hodnoty tento předpoklad potvrzují. Vodní toky malého protáhlého povodí, jako je Slatinný potok, reagují na intenzitu srážek rychleji. Rychlost reakce povodí na srážky umocňuje i výskyt rašelinišť, jejichž retenční schopnost je již při průměrném nasycení výrazně omezená. Náhlé zvýšení průtoků na Slatinném potoce ve sledovaném období je nejčastěji důsledkem vysokých úhrnů letních srážek a jarního tání. V hydrologickém roce 2011 došlo sice vlivem neobvykle vysokých teplot k výraznému nárůstu průtoků v lednu, přesto se dá hydrologický režim hodnotit jako niválně-pluviální.

V současné době pokračuje na Slatinném potoce monitoring vodních stavů tlakovým i ultrazvukovým čidlem. Do budoucnosti by bylo vhodné zachovat tyto dva měřicí přístroje, abychom získali co nejpřesnější data i v době, kdy jeden z nich z nějakého důvodu nebude měřit. Pro co nejpřesnější převody vodních stavů na průtoky by bylo vhodné i nadále pokračovat v hydrometrování a to i za vyšších vodních stavů.

8. Seznam literatury a zdroje dat

BAKER, D. B. (2004): A new flashiness index: characteristics and applications to midwestern rivers and streams. *Journal of the American Water Resources Association*, 40, č. 2, s. 503 – 522.

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, 79s.

BERANOVÁ, Z. (2011): Průzkum a hodnocení ekologického stavu vodních toků při zohlednění evropských standardů. Aplikace v modelovém povodí Rolavy. Diplomová práce, KFGG PřF UK, Praha, 144 s.

CENIA – ČESKÁ INFORMAČNÍ AGENTURA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (2006): [online]. [cit. 2013-20-7.] Dostupné jako wms služba z: <<http://geoportal.cenia.cz>>

Český geologický ústav Praha (1995): Půdní mapa ČR, list 01 -34 Rolava, tištěná forma.

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. [online]. [cit. 2013-08-13]. Dostupné z: <mapy.geology.cz/pudy>

ČURDA, J., JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2011): Vliv fyzicko-geografických faktorů na extremitu povodní v povodí Vydry. *Geografie*, 116, č. 3, s. 335–353.

DE GIROLAMO, A. M. a kol. (2007): Evaluation of flow regime in the Mediterranean stress using flashiness index. *Geophysical Research Abstracts*, 9.

DEMEK, J. a kol. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Praha, 584 s.

DIGITÁLNÍ DATABÁZE ArcČR 3.0. Praha: ARCDATA PRAHA s.r.o., 2012.

DOHNAL, Z. a kol. (1965): Československá rašeliniště a slatiniště. Československá akademie věd, Praha, 336 s.

HALAS,

HLADNÝ, J., NĚMEC, J. (2006): Voda v České republice. Consult, Praha, 255 s.

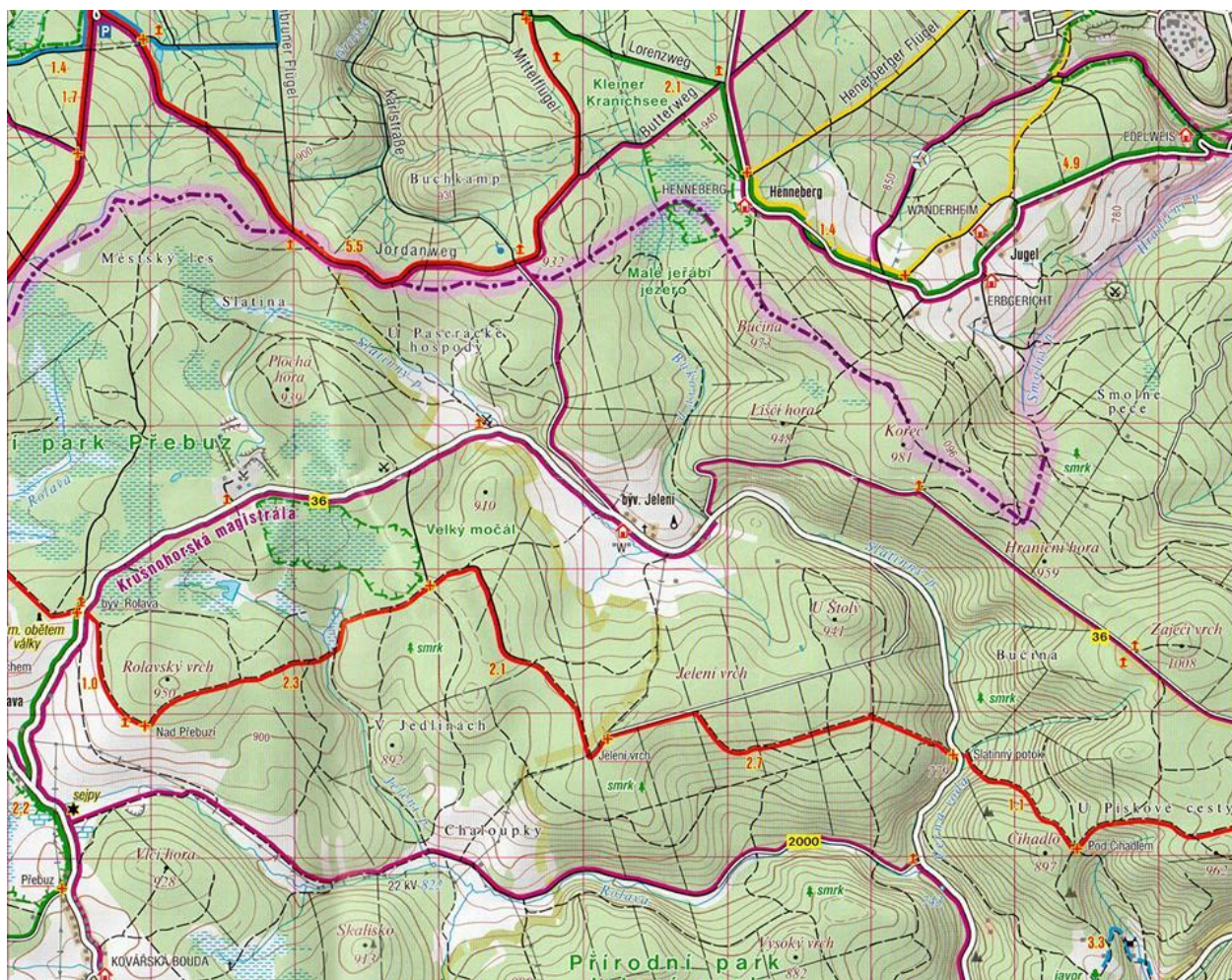
HOLKO, L. (2006): Hydrologický výskum v experimentálnych a reprezentatívnych povodiach Českej a Slovenskej republiky. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 54, č. 2, s. 81 – 82.

- HOLKO, L., KOSTKA, Z. (2008): Analýza režimu odtoku pomocou indexu prívalovosti, *Acta Hydrologica Slovaca*, 9, č. 2, s. 262 – 268.
- HOLKO, L. a kol. (2011): Flashiness of mountain streams in Slovakia and Austria, *Journal of Hydrology*, 405, č. 3 – 4, s. 392 – 401.
- CHÁBERA, S., KOSSEL, R. (1999): Základy fyzické geografie (přehled hydrogeografie). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 159 s.
- Kachlík, V. (2003): Geologický vývoj území České republiky. Doplněk k publikaci: „Příprava hlubinného úložiště radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva“. Ústav geologie a paleontologie, PřF UK a Správa úložišť radioaktivních odpadů (SURA), Praha, 64 s.
- KALKUS, J. (2012): Možnosti hodnocení variability odtoku v experimentálních povodích na Šumavě. Bakalářská práce, KFGG PřF UK, Praha, 69 s.
- KEMEL, M. (2000): Klimatologie, meteorologie, hydrologie. ČVUT, Praha, 289 s.
- KŘÍŽ, V. a kol. (1988): Hydrometrie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 176 s.
- LEDVINKA, O. (2008): Trendy srážkoodtokového režimu v povodí Rolavy. Diplomová práce, KFGG PřF UK, Praha, 123 s.
- NETOPIL, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. SPN, Praha, 272 s.
- OLDEN, J. D., POFF, N. L. (2003): Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing streamflow regimes. *River Research and Applications*, 19, č. 1, 101 – 121.
- PATZELT, Zdeněk. AOPK ČR. [online]. [cit. 2013-08-13]. Dostupné z: <http://www.cittadella.cz/europarc/fg_one.php?gid=118&site=NPR_velky_mocal_cz&site=NPR_velky_mocal_cz&id=5630&p=index>
- SEARCY, J. K. (1959): Flow-Duration Curves: Methods and practices of the Geological Survey. *Manual of Hydrology: Part 2 Low – Flow Techniques*, United States government printing office, Washington, s. 33
- SHOCART(2011). Krušné hory - Klínovec, Jáchymov. Turistická mapa 1 : 40 000, SHOCart, Vizovice.
- SMAKHTIN, V. U. (2001): Low Flow Hydrology: a review. *Journal of Hydrology*, 240, č. 3 – 4, s. 147 – 186.

- STRICKER, H., WARMERDAM, P. (2010): Fundamental hydrological research results drawn from studies in small catchments, In: Herrmann, A. , Schumann, S. A. (ed.): Status and perspectives of hydrology in small basins
- SUDA, J., HERBER, V. (2003): Cvičení z fyzické geografie I. – hydrologie. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 93 s.
- ŠEDIVÁ, K., (2011): Charakteristika srážko-odtokového režimu pramenné oblasti ostrovské Bystřice. Bakalářská práce, KFGG PřF UK, Praha, 41 s.
- TOMÁŠEK, M. (2007): Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha, 68 s.
- VAICOVÁ, R. (2004): Museum Sokolov. [online]. [cit. 2013-20-7]. Dostupné z URL: <<http://www.omks.cz/cz/vypis.php?typ=html&id=55> >
- VLČEK, L., KOCUM, J., JANSKÝ, B., ŠEFRNA, L., KUČEROVÁ, A. (2012): Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště: případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, jz. Česko. Geografie, 117, č. 4, s. 395–414.
- VLČEK, V. a kol. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže. Academia, Praha, 315 s.
- VLČKOVÁ, P. (2012): Hydrografie a odtokový režim řeky Úpy. Bakalářská práce, KFGG PřF UK, Praha, 65 s.
- VÚVTGM, 2011. Digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD [digitální data ESRI Shapefile]. [1:10 000]. Dostupné z: <<http://www.dibavod.cz>>
- ŽAHRAVNICKÝ, J., MACKOVČIN, P. a kol. (2004): Plzeňsko a Karlovarsko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek IX. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 588 s.
- Základní báze geografických dat ZABAGED, [online], 2011, ČÚZK. Dostupný z : < <http://www.cuzk.cz/>>

9. Přílohy

Příloha 1: Mapa území povodí Slatinného potoka



Zdroj: SHOCART. Krušné hory - Klínovec, Jáchymov (2011). Turistická mapa 1 : 40 000

1:25 000

0 0,25 0,5 1 1,5 2 km

© Česká geologická služba

Tisk: 15.8.2013

71

Příloha 3: Legenda k pedologické mapě

Legenda k tiskovému výstupu mapové aplikace. Česká geologická služba 15.8.2013 09:08

Mapa půd

hranice půdních typů

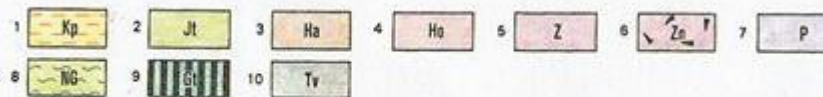


půdní typologie (TKSP ČR)

	AN	antropozem
	GLf	glej fluvický
	GLk	glej kambický
	GLm	glej modální
	GLo	glej histický
	GLo'	glej zrašelinělý
	KAd	kambizem dystrická
	KAds	kambizem dystrická rankerová
	KAdz'	kambizem dystrická podzolovaná
	KPg	kryptopodzol oglejený
	KPm	kryptopodzol modální
	KPq	kryptopodzol glejový
	KPs	kryptopodzol rankerový
	ORfi	organozem fibrická
	ORme	organozem mesická
	ORq	organozem glejová
	PGd	pseudoglej dystrický
	PZg	podzol oglejený
	PZm	podzol modální
	PZo	podzol histický
	PZo'	podzol zrašelinělý
	PZq	podzol glejový
	PZqo	podzol glejový histický
	PZqo'	podzol glejový zrašelinělý
	PZs	podzol rankerový
	RNz	ranker podzolový

Zdroj: Česká geologická služba (1 : 50 000), mapy.geology.cz/pudy

Příloha 3: Pedologická mapa pramenné oblasti Slatinného potoka



PŮDNÍ JEDNOTKY: 1 – Kp – ranker podzolovaný (Ranker); 2 – Jt – stagnoglei; 3 – Ha – hnědá půda kyselá (Dystric Cambisol); 4 – Ho – hnědá půda silně kyselá (Dystric Cambisol); 5 – Z – rezivá půda (Spodo-dystric Cambisol); 6 – Zn – rezivá půda nevyvinutá (Spodo-dystric Cambisol); 7 – F – podzol (Ferro-humic Podzol); 8 – NG – nivní půda glejová (Fluvi-eutric Gleysol); 9 – Gt – gle zrašelinělý (Histo-humic Gleysol); 10 – Tv – rašelinistní půda vrchovištní (Dystric Histosol).

PŮDOTVORNÉ SUBSTRÁTY: 6 – nivní uloženiny nekarbonátové střední; 12 – eluviofluviální uloženiny nekarbonátové střední; 29 – rašeliny vrchovištní; 39 – polygenetické hlíny kyselé; 69 – kyselé intruziva; 81 – fylity.

V závorkách uvedeny půdní jednotky podle klasifikace FAO.

Příklad čtení půdně-substrátové jednotky: Z 69 – rezivá půda na intruzivech.

Zdroj: Český geologický ústav (1995), Půdní mapa ČR, list 01 -34 Rolava.